ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 DÉCEMBRE 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 14 décembre 1924, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Séjourné** pour occuper, parmi les Académiciens libres, la place vacante par la mort du Prince *Roland Bonaparte*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Paul Séjourné** prend place parmi ses confrères.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Au sujet du système tétraédrique.* Note (1) de M. **Ch. Lallemand.**

Invoquant les résultats d'expériences de Fairbairn, où des tuyaux de caoutchouc, comprimés extérieurement, avaient pris une section triangulaire à côtés concaves, Lowthian Green (2), vers 1875, avait émis l'idée que, par analogie, une sphère creuse, soumise à une pression extérieure, devait prendre une forme dérivée du tétraèdre.

Or, d'après lui, cette condition se trouvait réalisée dans la partie solide de l'écorce terrestre, obligée de se déformer pour rester appuyée sur le noyau central igné, en voie de retrait sous l'effet du lent et progressif refroidissement du globe.

---

(1) Séance du 15 décembre 1924.

(2) *Vestiges of the molten Globe*, Honolulu, 1875.

Dans une Note récente ([1]), ayant voulu soumettre au calcul cette hypothèse, M. Lecornu est arrivé à la conclusion qu'une enveloppe sphérique tout à fait homogène, extérieurement soumise à une pression uniforme, doit prendre une forme ellipsoïdale, aussi longtemps du moins que rien ne vient troubler l'équilibre des forces en présence.

On pourrait être tenté de voir là une condamnation de l'hypothèse de Green. Ce serait un jugement par trop superficiel de la question.

A l'appui de cette thèse, en effet, subsiste un fait qui ne paraît pas avoir été, en son temps, signalé dans les *Comptes rendus* de l'Académie et que je crois, par suite, utile de rappeler.

En 1887, voulant obtenir une confirmation expérimentale de la théorie de Green, j'avais aspiré peu à peu l'air contenu dans un ballon de caoutchouc et il avait pris la forme caractéristique représentée ci-dessous ([2]).

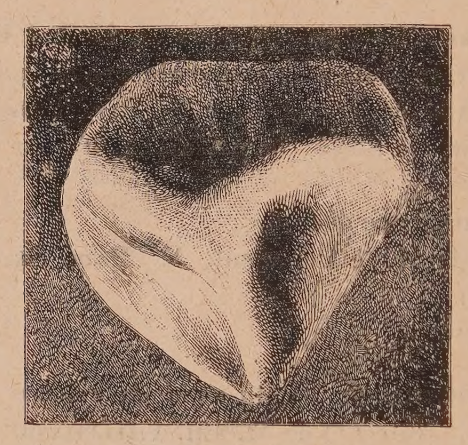


Image d'un ballon de caoutchouc dans lequel on a fait un vide partiel.

Plus tard, en Belgique, MM. Ghesquière et de Joly ([3]) ont obtenu la même confirmation pratique en faisant un vide partiel dans des ballons de verre ramollis par la chaleur.

J'avais, à l'époque, donné du fait cette explication théorique très simple:

En vertu du principe de la moindre action, l'enveloppe comprimée tend vers la forme qui lui impose le minimum de contraction superficielle,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1105.
([2]) *La Nature*, t. 15, 1887, p. 346.
([3]) R. de Girard, *La forme de la Terre*, (*Revue thomiste*, t. 3, 1895, p. 497).

autrement dit, qui embrasse le plus petit volume sous une surface extérieure donnée. Or, cette forme est celle du tétraèdre régulier, que rappelle assez bien la distribution des quatre Continents et des quatre grands Océans à la surface de la Terre.

Mais les irrégularités de toutes natures existant dans l'écorce et dans les actions qu'elle subit compliquent alors par trop le problème pour le laisser accessible au calcul.

ÉLASTICITÉ. — *Équations d'état de la phase plastique d'un solide naturellement isotrope.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Les solides vulgairement appelés malléables ou ductiles peuvent, suivant les efforts auxquels ils sont soumis, se présenter sous deux phases différentes : l'une élastique, à propriétés sensiblement réversibles ; l'autre comportant de très grandes déformations sous efforts constants.

Bien que beaucoup trop simplifiée une telle description des faits en donne une première idée qu'il peut être utile de préciser. La première phase a été depuis longtemps étudiée dans la théorie de l'élasticité. Je veux ici préparer une théorie analogue de la seconde phase, que j'appelle *phase plastique*.

Jusqu'à présent, à la suite des expériences de Tresca, les théoriciens ont proposé de traiter la phase plastique comme isotrope, et fluide ; les équations d'état ont été écrites, dans cette hypothèse, par Maurice Levy.

C'est cette hypothèse qui me semble fausse.

Je propose de lui substituer la suivante qui me paraît correspondre mieux aux faits d'observation courante :

Hypothèse. — *La phase plastique est caractérisée par le fait que* un seul *des six éléments de la déformation devient libre de grandir indéfiniment, tandis que les cinq autres continuent à être déterminés par des conditions élastiques.*

Si la déformation qui grandit librement ne produit pas de changement de densité, la phase est plastique ; sinon elle est fragile.

2. Partons d'un corps naturellement isotrope ; quelque grandes que soient les déformations élastiques qu'il subit, les dilatations principales ont même direction que les forces principales. J'admets, lorsque la déformation est devenue grande, qu'elle a donné au corps une structure orthorhombique ayant mêmes axes de symétrie.

Autrement dit, prenant pour axes les directions des trois tensions principales A, B, C, les équations qui donnent, à partir de cet état, les petites

déformations additionnelles D, G, dues à un petit tenseur additionnel N, T, sont

$$\begin{aligned} N_1 &= c_{11}D_1 + c_{12}D_2 + c_{13}D_3, & T_1 &= c_4 G_1,\\ N_2 &= c_{12}D_1 + c_{22}D_2 + c_{23}D_3, & T_2 &= c_5 G_2,\\ N_3 &= c_{13}D_1 + c_{23}D_2 + c_{33}D_3, & T_3 &= c_6 G_3, \end{aligned}$$

où les c sont des fonctions de A, B, C et de la température Θ, qui satisfont aux conditions de stabilité et permettent de déterminer sans ambiguïté les D, G, en fonction des N, T, tant que le corps est dans sa phase élastique.

3. Dans la phase plastique, j'admettrai que la symétrie orthorhombique est conservée, mais que la résolution en D, G est devenue indéterminée, c'est-à-dire que l'on aurait, si aucune viscosité n'entrait en jeu,

$$\text{(I)}\quad \left\{\begin{aligned} N_1 &= p_{11}D_1 + p_{12}D_2 + p_{13}D_3, & T_1 &= p_4 G_1,\\ N_2 &= p_{12}D_1 + p_{22}D_2 + p_{23}D_3, & T_2 &= p_5 G_2,\\ N_3 &= p_{13}D_1 + p_{23}D_2 + p_{33}D_3, & T_3 &= p_6 G_3, \end{aligned}\right.$$

avec l'*équation d'indifférence*

$$\text{(II)}\quad \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13}\\ p_{12} & p_{22} & p_{23}\\ p_{13} & p_{23} & p_{33} \end{vmatrix} p_4 p_5 p_6 = 0.$$

4. On voit immédiatement une première manière de satisfaire à cette équation en rendant libre un quelconque des glissements, par exemple G_3 :

$$p_6 = 0.$$

Dans cet état, l'action tangentielle T_3 serait nulle quel que soit G_3, s'il n'intervenait pas (comme dans les fluides naturels) une résistance visqueuse fonction de la vitesse de glissement locale $\frac{\partial G_3}{\partial t}$, ou au moins de son signe.

La sixième équation sera remplacée par

$$T_3 = \eta_6 G_3',$$

η_6 désigne un coefficient de viscosité plastique, qui dépend de A, B, C, Θ, G_3', et peut d'ailleurs avoir une forme analytique impaire en G_3', exigeant, comme dans le frottement solide, un changement de signe dans la formule en même temps que la vitesse se renverse.

Les équations peuvent être résolues en $D_1 D_2 D_3 G_1 G_2$, qui sont complètement déterminées par $N_1 N_2 N_3 T_1 T_2$, et en G_3' est déterminé par T_3.

Bien que cette forme de plasticité ne paraisse pas la plus fréquente, elle

fournit un exemple très simple du caractère de l'hypothèse générale qui me guide.

5. Toute déformation dont l'indétermination laisse nulle la vitesse de dilatation

$$D^{\cdot}_1 + D^{\cdot}_2 + D^{\cdot}_3 = 0$$

fournit une forme de plasticité possible.

Une telle déformation se réduit, comme on sait, à une vitesse de glissement, par rapport à des axes convenablement choisis.

Des raisons de symétrie évidentes donnent une importance particulière aux glissements dans le plan AC des forces principales extrêmes. Prenons dans ce plan deux nouveaux axes rectangulaires $x'(\alpha, \gamma)$ et $z'(-\gamma, \alpha)$, et appelons D′, G′ la déformation rapportée à ces axes. Les formules classiques de transformation donnent

$$\begin{aligned}
N_1 &= (\alpha^2 p_{11} + \gamma^2 p_{13}) D'_1 + p_{12} D_2 + (\gamma^2 p_{11} + \alpha^2 p_{13}) D'_3 + \alpha\gamma (p_{11} - p_{13}) G'_2, \\
N_2 &= (\alpha^2 p_{12} + \gamma^2 p_{23}) D'_1 + p_{22} D_2 + (\gamma^2 p_{12} + \alpha^2 p_{23}) D'_3 + \alpha\gamma (p_{12} - p_{23}) G'_2, \\
N_3 &= (\alpha^2 p_{13} + \gamma^2 p_{33}) D'_1 + p_{23} D_2 + (\gamma^2 p_{13} + \alpha^2 p_{33}) D'_3 + \alpha\gamma (p_{13} - p_{33}) G'_2, \\
T_1 &= p_4 G_1, \\
T_2 &= p_5 [2\alpha\gamma (D'_1 - D'_3) + (\alpha^2 - \gamma^2) G'_2], \\
T_3 &= p_6 G_3.
\end{aligned}$$

Je veux que G'_2 disparaisse de ces équations sans annuler T_2; c'est-à-dire que le déterminant de l'équation d'indifférence soit nul. Il faut alors caractériser la plasticité par les relations

$$p_{11} = p_{13}, \qquad p_{12} = p_{23}, \qquad p_{13} = p_{33}, \qquad \alpha^2 = \gamma^2,$$

c'est le glissement à 45° des axes A, C qui est indéterminé.

6. Regardons cette vitesse de glissement comme accompagnée de résistance visqueuse, et revenons aux axes A, C, nous obtiendrons

$$\text{(III)} \quad \left\{ \begin{aligned}
N_1 &= p_{11}(D_1 + D_3) + p_{12} D_2 + \eta_1 (D^{\cdot}_3 - D^{\cdot}_1), & T_1 &= p_4 G_1, \\
N_2 &= p_{12}(D_1 + D_9) + p_{22} D_2 + \eta_2 (D^{\cdot}_3 - D^{\cdot}_1), & T_2 &= p_5 G_2, \\
N_3 &= p_{13}(D_1 + D_3) + p_{23} D_2 + \eta_3 (D^{\cdot}_3 - D^{\cdot}_1), & T_3 &= p_6 G_3.
\end{aligned} \right.$$

Telles sont les équations que je propose (au lieu de celles de Maurice Levy) comme caractérisant l'état plastique sous tensions principales A, B, C. Les tensions complètes sont $A + N_1$, $B + N_2$, $C + N_3$, T_1, T_2, T_3.

Mêmes remarques qu'au n° 4 au sujet des caractères des η_1, η_2, η_3.

Si les coefficients η sont des constantes, la résolution en $D_1 + D_3$, D_2,

$D^{\cdot}_3 - D^{\cdot}_1, G_1, G_2, G_3$, s'effectue sans ambiguïté, pourvu que l'on ait

$$\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & n_1 \\ p_{12} & p_{22} & n_2 \\ p_{13} & p_{23} & n_3 \end{vmatrix} \neq 0.$$

La déformation pourra rester purement élastique et petite si les tensions additionnelles sont telles que

$$\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & N_1 \\ p_{12} & p_{22} & N_2 \\ p_{13} & p_{23} & N_3 \end{vmatrix} = 0.$$

On trouvera ailleurs les compléments et explications qu'exige évidemment l'exposé un peu succinct de cette Note.

CHIMIE AGRICOLE. — *Présence générale du nickel et du cobalt dans la terre arable*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mokragnatz**.

Nous avons démontré l'existence du nickel et du cobalt dans une terre fertile des environs de Belgrade et dans la terre du jardin de l'Institut Pasteur à Paris. Nous nous sommes servi, pour cela, d'une méthode particulière qui, pour être quantitative, exigeait le traitement long et minutieux d'un poids de terre assez considérable, de l'ordre du kilogramme [1].

Depuis, nous avons perfectionné cette méthode au point qu'il est devenu possible de doser les deux métaux, sous forme de combinaisons définies, dans un poids de terre de 25 à 100^{g} au plus [2]. Grâce à ce perfectionnement, des échantillons de terre plus faciles à se procurer peuvent être soumis aux analyses, les opérations que comportent ces dernières sont beaucoup moins longues et, surtout, la dépense des réactifs est très fortement diminuée. Ce dernier avantage est d'autant plus appréciable que les réactifs doivent être d'une extrême pureté, que l'on est, à cause de cela, dans l'obligation de les préparer soi-même et qu'il faut, enfin, en sacrifier pour les contrôles des quantités au moins égales à celles qui entrent dans une des opérations.

Nous avons appliqué la méthode ainsi perfectionnée à l'examen de

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 112, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 133.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 33, 1923, p. 1539.

trente-trois nouveaux échantillons de terre arable provenant de plusieurs pays et de formations géologiques différentes afin de savoir si la présence du nickel et celle du cobalt étaient liées à la provenance de la terre ou, au contraire, générales.

Voici, résumés en un tableau, les résultats que nous avons obtenus :

Localités.	Profondeur.	Formation géologique.	Métal par kil. Ni.	Métal par kil. Co.
		France :		
Gard :				
Hauterivien [sud du village (¹)]	cm 0 à 30	Infracrétacé	mg 15,3	mg 3,1
Hauterivien [sud du village (¹)]	30 à 60	»	24,9	7,9
Hauterivien (derrière le cimetière)	10 à 30	Marnes néocomiennes	18,2	8,4
Hauterivien (derrière le cimetière)	30 à 60	»	15,1	6,0
Hauterivien (ouest du village)	0 à 30	Alluvions anciennes	34,6	6,7
Hauterivien (ouest du village)	30 à 60	»	35,1	6,4
Beauvoisin	0 à 30	Cailloutis pliocène	14,0	2,0
»	30 à 60	»	8,0	2,6
Saint-Chaptes	0 à 20	Oligocène	11,3	4,6
»	20 à 40	»	20,7	4,1
»	40 à 60	»	15,0	5,5
Aubord	0 à 20	Alluvions modernes	37,0	4,7
»	20 à 40	»	25,7	4,1
»	40 à 60	»	22,2	5,2
Genolhac	0 à 20	Granites désagrégés	16,5	2,4
»	20 à 40	»	20,0	2,2
»	40 à 60	»	26,3	3,8
Seine-Inférieure :				
Manéhouville	"	Limon des plateaux	13,3	5,7
Limézy	"	»	21,1	3,1
Saint-Aubin-Épinay	"	Éboulis des pentes et alluvions	38,6	6,8
Arques-la-Bataille	"	Éboulis des pentes du Sénonien	13,2	0,6
Elbeuf-en-Bray	"	Éboulis des pentes du Turonien	24,8	4,7
Corrèze :				
Ladroc, près Donzenac	"	Terrains primitifs, micaschistes	12,2	0,26

(¹) Près de Langlade.

Localités.	Profondeur.	Formation géologique.	Métal par kil. Ni.	Co.
Finistère :			mg	mg
Ergue-Gaberic	//	Granulite feuilletée	5,5	0,3
Lestremeur	//	Micaschiste granulitique	20,1	6,6
Yonne :				
Perrigny (ferme du Verger).	cm 0 à 20	Marnes ostriennes, argiles et sables panachés	29,9	11,7
»	(sous-sol)	//	4,7	0,3
Calvados :				
Neuville, près Vire.......	//	Schistes maclifères et phyllades de Saint-Lô	11,9	4,1
Allemagne :				
Rüdesheim	0 à 30	Terres à vignes	18,8	3,3
Danemark :				
Binnitze (Laaland).......	0 à 30	Limon	17,3	3,4
Italie :				
Acquapendente (colline)..	0 à 30	Terrain volcanique (altitude : 420^m)	8,4	6,0
» (vallée) ...	0 à 30	Terrain volcanique (altitude : 300^m)	6,3	2,3
Roumanie :				
? ...	0 à 30	Limon	28,4	8,2

Ces résultats et ceux que nous avons déjà publiés montrent que le nickel et le cobalt existent non seulement dans toutes les terres de France que nous avons examinées, mais encore dans celles des autres pays (Allemagne, Danemark, Italie, Roumanie, Serbie) où nous les avons recherchés.

La proportion de ces métaux est peu élevée, mais elle n'est pas négligeable.

Pour le nickel, elle est généralement de quelques centigrammes par kilogramme de terre sèche. Nous l'avons trouvée comprise entre 5^{mg},5 (chiffre exceptionnel, dans une terre de granulite feuilletée du Finistère) et 38^{mg},6 (dans une terre d'éboulis des pentes et d'alluvions de la Seine-Inférieure).

Pour le cobalt, la proportion est presque toujours de quelques milligrammes par kilogramme. Mais nous l'avons vue osciller entre quelques dixièmes de milligramme seulement et 11^{mg},7.

On voit qu'il y a toujours moins de cobalt que de nickel. Le rapport entre les deux métaux est loin d'être constant, mais il est généralement compris entre le $\frac{1}{3}$ et le $\frac{1}{5}$, bien qu'il puisse aller de la moitié au $\frac{1}{8}$.

Les analyses comparatives que nous avons faites d'une même terre sur des échantillons prélevés à des profondeurs différentes montrent que les proportions de nickel et de cobalt varient d'une manière sensible de la surface au sous-sol, mais nos analyses ne sont pas assez nombreuses pour faire ressortir les causes de ces variations.

On peut se demander d'où proviennent les petites proportions de nickel et de cobalt contenues dans la terre arable, proportions qui apparaissent, du moins au premier abord, notablement inférieures à celles que l'on a signalées jusqu'ici dans les roches mères. Si, dans quelques cas, des infiltrations d'eaux minérales venues des profondeurs ont pu jouer un certain rôle, cela ne peut suffire à expliquer la teneur générale et, en somme, relativement constante, de la terre arable en nickel et en cobalt que nos recherches viennent de mettre en évidence. En 1876, G. Tissandier (¹) a fait connaître d'intéressantes observations d'après lesquelles de fines particules en suspension dans l'espace interplanétaire tombent continuellement à la surface de notre globe. Or, parmi ces particules, il en a trouvé qui sont attirables à l'aimant et qui renferment, à côté du fer dont elles paraissent surtout formées, une certaine proportion de nickel. Soit en raison de l'insuffisance de la méthode d'analyse employée, soit par suite de l'absence réelle du cobalt, la présence de ce dernier métal n'a pas été signalée. La question pourra être reprise, mais en tout cas, il y a dans cet apport de particules une cause générale d'enrichissement de la terre arable en nickel qui ne peut pas être négligée.

ÉLECTRICITÉ — *Sur certains coefficients de self-induction des alternateurs.* Note de M. ANDRÉ BLONDEL.

Divers ingénieurs ont recherché, dans ces derniers temps, des méthodes applicables à la détermination de deux constantes de self-induction importante des alternateurs; d'une part, la self-induction totale apparente de l'induit, qui doit s'évaluer en tenant compte des forces électromotrices induites dans les enroulements par tous les flux de fuite qui se produisent

(¹) *Comptes rendus*, t. 83, 1876, p. 75.

autour de ces enroulements; et d'autre part, la réactance apparente des mêmes enroulements au moment où se produit un court circuit, car, ainsi que l'a démontré expérimentalement pour la première fois Punga, l'appel de courant qui se produit alors dans les circuits inducteurs, annule sensiblement tout le flux propre de l'induit qui traverse lesdits inducteurs et ne laisse subsister que les flux de fuite.

Dans ce qui suit, je me propose d'indiquer les méthodes applicables à la détermination de ces deux inconnues :

1° *Self-induction totale propre des fuites de l'induit.* — J'ai publié, avec la collaboration de M. Carbenay, en 1919 [1], deux méthodes s'appliquant toutes les deux à un alternateur en ordre de marche avec son inducteur tournant. La première, qui repose sur l'emploi de bobines d'épreuve, est applicable dans les conditions mêmes de saturation normale de l'inducteur et de l'induit, c'est-à-dire avec l'inducteur excité sous courant normal. Elle consiste à faire débiter l'induit dans un circuit complètement réactif donnant du courant aussi dévatté que possible; on mesure le flux utile qui traverse l'induit en mesurant la force électromotrice produite soit dans l'induit, soit, quand cela est possible, dans une bobine d'épreuve appliquée exactement sur une des bobines de l'induit et dans les mêmes encoches (cela est possible seulement quand il n'y a pas de clavette dans les encoches; dans le cas contraire, il faut prendre la force électromotrice aux bornes de l'induit et la diviser par le nombre de spires pour la réduire à une bobine d'une spire).

On mesure d'autre part, au moyen d'une bobine d'épreuve placée dans l'entrefer en dehors de l'induit, le flux qui entre dans le pôle; on fait débiter à l'alternateur un courant déwatté variable, en modifiant chaque fois l'angle de manière que le flux de la seconde bobine reste constant; la quantité dont a varié la force électromotrice aux bornes de l'induit, divisée par la variation des ampères induits, donne l'impédance de fuite totale de l'induit.

Une autre méthode consiste dans l'essai en court circuit, mais elle n'est pas satisfaisante parce que les conditions de saturation ne sont pas les mêmes qu'en marche normale.

2° *Réactance apparente de l'induit dans les phénomènes de court circuit.* — Le second problème, qui est nouveau, celui de la réactance apparente de l'induit en cas de court circuit brusque, peut être résolu par une méthode tout à fait différente reposant sur la méthode dite « statique » dont j'ai

---

[1] *Revue générale de l'Électricité*, t. 5, 1919, p. 850 et fig. 6 et 7.

exposé le principe et la réalisation dans le même travail : utilisant une remarque faite pour la première fois par M. Guilbert, puis par Herdt, on peut grouper les bobines de l'induit en Y et envoyer un courant monowatté qui entre par une des branches de l'Y et le faire sortir par les deux autres branches mises en parallèle ; si l'on cale l'inducteur de façon que son axe soit en face de l'axe du pôle induit ainsi formé, les conditions de réaction entre l'inducteur et l'induit sont les mêmes que pendant la rotation de l'alternateur.

Pour obtenir la saturation voulue, on peut exciter l'inducteur.

L'inducteur doit être alimenté par une source sans impédance, telle qu'une batterie d'accumulateurs. Si l'on envoie du courant alternatif (de préférence de basse fréquence) dans l'induit, un courant alternatif de court circuit se produit dans l'inducteur et se superpose au courant continu d'excitation. Il n'est pas nécessaire de mesurer ce courant alternatif.

L'impédance apparente de l'induit, obtenue en divisant la force électromotrice aux bornes par le courant, peut donner une mesure assez approchée de la réactance applicable à l'alternateur dans l'étude des courts circuits ; car elle tient compte non seulement des fuites propres de l'induit, mais aussi de celles de l'inducteur, de la même manière que les fuites du transformateur dont on met le secondaire en court circuit.

Il est à remarquer, d'ailleurs, que la méthode de Potier, pour la détermination de la self-induction, quand on l'applique exactement comme l'avait prévu son auteur ([1]), pour la mesure de la self-induction, c'est-à-dire en traçant complètement différentes courbes parallèles d'excitation obtenues pour des débits déwattés constants, donne la valeur d'une self-induction d'induit qui contient non seulement les fuites de l'induit, mais les fuites entre les bornes polaires de l'inducteur ([2]) ; cette valeur se rapproche donc de la réactance totale rapportée au primaire. Cependant, elle ne l'atteint pas, car elle ne tient pas compte des fuites propres du circuit inducteur qui, dans

---

([1]) La méthode simplifiée, adoptée partout d'après Fischer-Heimen, est beaucoup moins sûre.

([2]) Cf. F. Guilbert, L'*Éclairage électrique*, juin 1902. — Potier, *Mémoires sur l'Électricité et l'Optique* (Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, 1912) ; Note additionnelle de A. Blondel, p. 232. — A. Blondel, *Théorie des alternateurs de Potier* (*La Lumière électrique*, t. 28, 1915, p. 2). — A. Blondel, *Analyse des réactions de l'induit dans les alternateurs* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1961 ; et avec plus de détails *La Lumière électrique*, t. 29, 22 et 29 mai 1915). — A. Blondel et Carbenay, *Méthode d'analyse expérimentale des alternateurs* (*Revue générale de l'Électricité*, t. 5, 1919, p. 811 et 843).

les phénomènes instantanés, doivent s'ajouter aux fuites propres de l'induit.

C'est pourquoi je crois préférable la méthode d'essai statique que je viens d'exposer ci-dessus.

Je suppose les inducteurs alimentés par une source non réactive; et, dans ce cas, les fuites qui s'ajoutent à celles de l'induit sont celles de l'enroulement inducteur seul. Si au contraire on a affaire à un inducteur muni d'une excitatrice spéciale de faible puissance et ayant par suite une assez grande réactance propre, le flux de réactance de cette excitatrice s'ajoute aux fuites de l'enroulement inducteur; la réactance totale équivalente rapportée à l'induit en présence de l'inducteur est alors plus grande. Mais comme l'on cherche à avoir un facteur de sécurité dans les évaluations, il est tout indiqué de supprimer ces réactances extérieures en excitant pour l'essai l'inducteur par une batterie d'accumulateurs de grande capacité.

En résumé, il faut distinguer pour l'induit d'un alternateur 3 coefficients de self-induction importants :

a. Self-induction réelle totale en circuit induit, que je définis au paragraphe 1° ci-dessus et qu'on peut mesurer en recourant à l'emploi d'une bobine auxiliaire placée dans l'entrefer, pour mesurer le flux de l'induit qui traverse les noyaux inducteurs.

b. Coefficient de self-induction de Potier, qui mesure les fuites de l'induit augmentées des fuites entre les cornes polaires des inducteurs en se plaçant dans des conditions telles que le flux à travers le circuit inducteur reste constant.

c. Réactance apparente de l'alternateur dans les courts circuits brusques, coefficient dans lequel interviennent les fuites propres du circuit inducteur, non seulement entre les pièces polaires, mais partout où il peut s'en présenter.

Les méthodes exposées ci-dessus permettent de mesurer, croyons-nous, assez facilement le premier et le dernier des trois coefficients considérés, et la méthode de Potier, convenablement appliquée, peut suffire pour déterminer le coefficient intermédiaire [1].

---

[1] Il semblerait *a priori* que ce coefficient de Potier n'a pas d'intérêt pratique, car il ne correspond pas à des problèmes normaux. L'expérience a montré qu'appliqué au diagramme de Potier pour la détermination de la chute de tension, il donne des résultats empiriques assez satisfaisants par suite d'une compensation heureuse et imprévue des erreurs qui résultent de cette application à un problème dans lequel devrait intervenir le coefficient *a* défini ci-dessus et non le coefficient *b*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la forme énolique de la pulégone.* Note [1] de MM. V. GRIGNARD et J. SAVARD.

Différents chercheurs [2] ont étudié déjà, d'une façon sommaire, l'action des composés organomagnésiens sur la pulégone et ne sont arrivés qu'à des rendements médiocres en pulégones substituées. Nous nous sommes proposé d'examiner d'un peu plus près ces réactions.

Quand on fait réagir, suivant la technique habituelle, la pulégone sur un organomagnésien, on constate qu'il se produit un dégagement gazeux (RH), plus ou moins abondant, suivant la nature du radical organique [R] et de l'halogène, suivant aussi la température.

Ce phénomène, évidemment, semble devoir être attribué à la présence d'une forme énolique de la pulégone, et comme la proportion de celle-ci, déterminée par le volume gazeux dégagé, varie avec le magnésien, c'est que celui-ci exerce une action énolisante variable.

En opérant dans des conditions de température et de concentration identiques, nous avons pu dresser le tableau suivant, pour des opérations effectuées à 40° :

Magnésien de	Pour 100 d'énol.	Magnésien de	Pour 100 d'énol.
CH^3Br	33	*i*.C^3H^7I	73
CH^3I	26	*n*.C^4H^9Br	59
C^2H^5Br	46	*n*.C^4H^9I	45
C^2H^5I	40	*i*.C^4H^9Br	54
n.C^3H^7Br	56	*n*.$C^5H^{11}Br$	60
n.C^3H^7	45	*i*.$C^5H^{11}Br$	72
i.C^3H^7Br	100		

On voit que, dans les chaînes homologues, l'énolisation augmente avec la condensation en carbone, et qu'elle est toujours plus forte pour les bromures que pour les iodures. Nous n'avons pas encore expérimenté les chlorures.

De plus les magnésiens isopropyliques provoquent une énolisation beau-

---

(1) Séance du 8 décembre 1924.

(2) V. GRIGNARD, *Thèse*, Lyon, 1901. — RUPE, *Berichte*, t. 41, 1908, p. 1750; t. 45, 1912, p. 1528. — JAWORSKY, *Berichte*, t. 42, 1909, p. 435. — FERSEN, *Journ. Soc. ph.-chim. r.*, t. 42, 1910, p. 681. — SAYTZEFF, *Journ. Soc. ph.-chim. r.*, t. 45, 1913, p. 1571.

coup plus forte que les autres et qui est même totale pour iC^3H^7MgBr (¹). Il nous reste à rechercher, sur ce point, si cette intéressante propriété est spéciale au radical isopropyl ou si elle appartient, d'une manière générale, aux magnésiens secondaires. Les magnésiens tertiaires seront à examiner également.

En dépit de cette énolisation importante, la pulégone que l'on récupère, à côté du pulégol substitué, après traitement habituel (hydrolyse et acidification) de l'opération magnésienne, est identique à la pulégone primitive. Il se produit donc une nouvelle tautomérisation en sens inverse. Aussi avons-nous cherché à isoler la forme énolique sous forme d'éther-sel. Nous avons utilisé, dans ce but, le chlorure de benzoyle, le chlorure d'acétyle et l'anhydride propionique.

1° En ajoutant du chlorure de benzoyle au produit de la réaction de la pulégone ordinaire sur CH^3MgBr, nous avons pu, par hydrolyse, isoler à côté du méthylpulégène (²) le benzoate de l'énol, avec un rendement de 27 pour 100 (l'énolisation trouvée pour ce magnésien est de 33 pour 100). Il se présente en cristaux blancs, fusibles à 230°, insolubles dans l'éther froid, légèrement solubles à chaud, ainsi que dans le benzène bouillant. L'analyse a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{17}H^{20}O^2$.
C pour 100	79,4	79,7
H pour 100	7,9	7,8
Indice de saponification	223	218,75

Mais quand on le saponifie, on retombe sur la pulégone ordinaire.

2° Quand on effectue l'opération précédente avec le chlorure d'acétyle, on peut isoler, en dehors du méthylpulégène (P. E. = 64° sous 10^{mm}), un liquide bouillant à 79°-81°, sous 3^{mm} (³) et dont l'indice de saponification est nul. C'est en effet, à l'état libre, la forme énolique de la pulégone dont l'éther acétique s'est hydrolysé spontanément (rendement 24 pour 100, pour une énolisation de 33 pour 100). Elle a une odeur moins menthée, beaucoup plus fine que celle de la pulégone ordinaire. Elle présente les

(¹) A la température de 40°. A 0°, nous avons pu obtenir l'isopropylpulégol avec un rendement de 40 pour 100.

(²) Provenant de la déshydratation intégrale de l'alcool engendré.

(³) La pulégone ordinaire bout à 74°-76° sous 3^{mm}.

constantes suivantes :

$$n_D^{16} = 1,47690, \qquad D_{16}^4 = 0,9087, \qquad Rm = 47,25\ (^1).$$

La Rm théorique pour cette forme serait 46,76; l'exaltation de 0,49 s'explique fort bien par la présence de deux doubles liaisons conjuguées.

Nous avons confirmé sa véritable nature en vérifiant qu'avec CH^3MgI (pouvoir énolisant 26 pour 100), elle donnait 100 pour 100 de forme énolique, et en la tautomérisant ultérieurement.

3° Avec l'anhydride propionique, tout se passe comme précédemment; l'énol obtenu a pour constantes :

$$n_D^{16} = 1,47688 \quad \text{et} \quad D_{16}^4 = 0,9085.$$

La forme énolique de la pulégone est donc capable d'exister à l'état libre et elle paraît être assez stable lorsqu'elle est pure. Un échantillon conservé depuis deux mois à l'obscurité n'a pas changé d'indice.

Si le traitement habituel des opérations magnésiennes ou la saponification de son benzoate n'ont pas permis de l'isoler, c'est qu'elle est isomérisée complètement par des actions alcalines même faibles.

1° L'isomérisation est immédiate par entraînement à la vapeur d'eau sur la soude ou sur la potasse, mais pas sur les carbonates alcalins.

2° En agitant 4^g d'énol avec $0^g,3$ de magnésie calcinée et en suivant toutes les dix minutes, après rectification, la variation de l'indice de réfraction, on voit celui-ci régresser régulièrement et se stabiliser, au bout d'une heure et demie environ, vers $n_D^{16} = 1,47039$, au lieu de 1,47026 donné par la pulégone primitive. Il est vraisemblable qu'en milieu éthéro-aqueux, la magnésie précipitée a une activité beaucoup plus grande.

En effet, si après avoir énolisé la pulégone par le bromure d'isopropylmagnésium, on essaye d'isoler l'énol (qui doit être pur d'après ce que nous avons vu) en hydrolysant dans une solution concentrée de chlorure d'ammonium, additionnée d'un peu d'acide acétique, on ne voit à aucun moment apparaître la magnésie, mais cependant le produit obtenu paraît contenir un peu de forme cétonique.

Nous nous proposons de poursuivre nos recherches sur la pulégone, et en outre d'étudier, sur d'autres cétones, dans quelle mesure peut être

---

(1) Pour la pulégone ordinaire, on a

$$n_D^{16} = 1,47026; \qquad D_{16}^4 = 0,9254; \qquad Rm = 45,82.$$

généralisée la méthode d'énolisation et d'isolement de la forme énolique que nous venons de signaler (1).

BOTANIQUE. — *Sur quelques exemples d'hétéroblastie dans le développement des Algues phéosporées.* Note de M. C. Sauvageau.

Les zoospores du *Castagnea Zosteræ* fournissent des plantules de nature diverse (2). J'ai rattaché ce phénomène, qui pourrait être nommé *hétéroblastie*, à la *tachygénèse* de Perrier et Gravier. D'autres *Castagnea* présentent la même hétéroblastie.

Avec Thuret et Bornet, je comprends ici ce genre *Castagnea* (tout au moins en attendant son étude anatomique) comme caractérisé par la nature et la disposition des organes pluriloculaires que Derbès et Solier découvrirent sur deux plantes récoltées aux environs de Marseille, l'une à fronde pleine, *C. polycarpa*, et l'autre à fronde creuse, *C. fistulosa* (3). Toutefois, les auteurs marseillais décrivirent ces espèces dans des termes si manifestement insuffisants, et ultérieurement d'autres en compliquèrent tellement la synonymie, que leur identification restera douteuse. D'ailleurs, le nombre des espèces méditerranéennes est plus grand qu'on le croit et il me semble bien, d'après divers envois du Musée océanographique de Monaco, du Laboratoire de Tamaris, et du Laboratoire Arago à Banyuls, que divers *Castagnea* se succèdent, suivant la saison, sur les feuilles de *Zostera* et de *Posidonia*. L'habitat sur ces feuilles ne préjuge donc pas leur détermation spécifique.

Les deux minuscules espèces que j'ai cultivées, *C. irregularis* et *C. cylindrica*, me paraissent inédites, car toutes les espèces décrites de *Castagnea* (ou de genres pouvant s'y rapporter) sont de bien plus grande taille ; elles ne sont pas rares sur les *Posidonia* de Tamaris et de Banyuls. Les cultures

(1) Ce travail était déjà assez avancé (*P.-V. Bull. Soc. chim.*, t. 35, 18 juillet 1924, Lyon), quand nous avons eu connaissance, par extrait du *Bulletin de la Société chimique* (t. 35, juin 1924, p. 823), du travail de Bredt-Savelsberg sur le camphre. Cette étude paraît être parallèle à la nôtre, mais l'auteur n'a pas isolé de forme énolique.

(2) C. Sauvageau, *Sur le curieux développement d'une Algue phéosporée*, Castagnea Zosteræ *Thur.* (*Comptes rendus*, t. **179**, 1924, p. 1381).

(3) Derbès et Solier, *in* L. Castagne, supplément au *Catalogue des plantes qui croissent aux environs de Marseille*, Aix, 1851, p. 101.

ont été réalisées à l'aide de parcelles prélevées sur un seul individu de Banyuls, le 31 août 1924 pour la première, et le 14 septembre suivant pour la seconde. Des cultures faites en 1923 avec des individus de Tamaris m'avaient donné les mêmes résultats, mais je les ai conservées moins longtemps [1].

La germination et le développement des plantules des deux espèces se ressemblent trop pour en séparer ici la description et sont bien comparables au *C. Zosteræ*. Les zoospores, plus longues que larges, animées d'un mouvement assez lent, munies de 4 ou 5 chromatophores, fournissent des embryospores de 9^{μ} à 10^{μ} qui germent en filament ectocarpoïde, et surtout en plantule étoilée après de lentes déformations amiboïdes. Dès le deuxième ou troisième jour, certains disques émettent un futur filament ectocarpoïde, mais le phénomène présente parfois une remarquable simplification : d'un point quelconque s'élève une protubérance qui s'incurve et, après avoir formé un filament long seulement de une ou deux cellules, se termine déjà par un petit disque adventif ; d'autres protubérances s'étalent même directement en disque adventif, qui ne tardera sans doute pas à cacher le disque primitif.

Après trois semaines, les filaments sont moins adhérents encore que ceux du *C. Zosteræ*. Les disques se sont beaucoup élargis et restent néanmoins aussi réguliers que chez un *Coleochæte* ou un *Myrionema*; ils sont encore stériles; toutefois, là où de larges disques, après s'être rejoint, croissent avec un pourtour commun, de futurs sporanges pluriloculaires s'élèvent sur les lignes de jonction qu'ils assombrissent. Vers la quatrième

---

(1) *C. irregularis* inscr., Plante d'un brun foncé, dressée à la surface des *Posidonia* sur un disque relativement large, souvent inséré sur l'*Ascocyclus orbicularis*, d'où s'élèvent aussi de nombreux filaments simples et courts, haute de 5^{mm} au plus, de forme et de largeur variables, à base rétrécie, isolée ou en groupe de 2 à 5 individus inégaux, d'abord plus ou moins globuleuse, puis en forme de massue, ou renflée dans la région moyenne, à sommet atténué ou brusquement tronqué; section circulaire ou aplatie, plus ou moins creuse suivant le niveau considéré; rameaux rares et comme décurrents; filaments assimilateurs longs de 400^{μ} à 600^{μ}, courbés à l'extrémité, où chaque cellule devient un sporange plus ou moins saillant; sporanges dirigés en tous sens ou parfois tous sur le bord convexe.

C. cylindrica inscr., moins coloré, plus grêle et plus régulier que le précédent, généralement isolé, atteignant 15^{mm}, souvent simple, à filaments assimilateurs longs de 200^{μ} à 250^{μ}.

Ces diagnoses seront ultérieurement complétées par des renseignements anatomiques, en même temps que celle du *C. Zosteræ*.

semaine, la déhiscence des sporanges des disques et des filaments ectocarpoïdes avait produit des disques et des filaments de seconde génération. Je n'ai pas vu les zoospores; toutefois, d'après la teinte foncée des logettes, elles ont probablement plusieurs chromatophores comme celles de la plante adulte.

Les cultures furent ensuite examinées le 15 novembre. La plupart des disques de première génération avaient perdu leur adhérence, et la disposition de la fructification rappelait un *Chilionema*. Sur l'une des lames examinées, presque tous les disques présentaient des sporanges nés sur leur bord même, ce qui excluait vraisemblablement la possibilité d'un accroissement ultérieur.

J'ai constaté la même hétéroblastie chez l'*Ascocyclus orbicularis* Magn. qui pullulait sur les feuilles de *Zostera marina*, cueillies à tous les niveaux, à Cherbourg, par M. Corbière et Mlle Doublet, sous forme de petites taches saillantes, larges de quelques dixièmes de millimètre. On l'y rencontre toute l'année, mais il est beaucoup moins commun pendant la saison froide. Les sporanges pluriloculaires sont les seuls organes reproducteurs connus. Les zoospores, petites et très agiles, possédant un seul chromatophore, pourvu d'un point rouge très net, se fixent en embryospores d'environ 6^{μ}. Les unes, après des déformations amiboïdes, fournissent un disque, les autres germent directement en filament. Toutefois, tandis que chez les trois *Castagnea* étudiés les deux sortes de germinations sont éparses, les germinations ectocarpoïdes de l'*Ascocyclus* s'observent surtout parmi les embryospores fixées au bord de la goutte d'eau.

Mais un autre phénomène intervient.

Le 31 août 1923, j'ai observé les zoospores en mouvement dans plusieurs cultures cellulaires sans constater aucune conjugaison; puis j'ai examiné maintes embryospores pour suivre les curieuses déformations du chromatophore avant sa division; le point rouge persiste assez longtemps, même après la scission; or je n'ai vu aucune embryospore ayant deux points rouges. J'ai établi de nouvelles cultures en 1924 avec des *Zostera* de même provenance. Les déhiscences eurent lieu, en mon absence, le 7 septembre; lorsque j'examinai mes cultures dans l'après-midi, aucune zoospore n'était plus en mouvement, de nombreuses embryospores se déformaient déjà en étoile et certaines montraient indubitablement deux points rouges. Il y avait donc eu copulation, et les éléments motiles de l'*Ascocyclus* se comportent, en conséquence, tantôt comme des zoospores, tantôt comme des gamètes isogames, fait qui n'a point encore été signalé chez des Phéosporées de son

groupe. Aussi longtemps que le ou les points rouges peuvent servir de guide, je n'ai constaté aucune différence entre le développement des œufs et celui des zoospores. Quoi qu'il en soit, l'hétéroblastie est indépendante de la sexualité.

A la fin de septembre, mes cultures étaient très belles ; les filaments ectocarpoïdes commençaient à fructifier; les disques, de taille fort inégale, étaient réguliers et certains présentaient des protubérances disposées en *Chilionema*. Puis, je les examinai le 15 novembre ; dans l'intervalle, diverses Diatomées les avaient envahies et en particulier un *Cocconeis*, très adhérent et multiplié à profusion, gênait singulièrement l'observation. Toutefois, tandis que, dans le tiers médian de certains disques d'aspect ocellé, chaque cellule a émis un sporange ou un ascocyste, comme dans l'*Ascocyclus*, avec des poils répartis dans la couronne périphérique stérile ; d'autres, et c'étaient souvent les plus grands, présentaient irrégulièrement épars, sur les deux tiers du diamètre environ, des poils et de longs sporanges souvent pédicellés, bien plus longs que dans la nature, avec peu ou point d'ascocystes. Il est impossible, pour le moment, de savoir si cette diversité était ou non en rapport avec la fécondation, d'autant plus que quelques disques, peu nombreux, offraient simultanément ces deux dispositions.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. M. Brillouin, membre de la Section de Physique générale, et M. Ch. Moureu, membre de la Section de Chimie, sont réélus membres du Conseil d'administration de la *Fondation Edmond de Rothschild*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° G. Delamare. *Spirochétoses respiratoires stomatogènes*. (Présenté par M. H. Vincent.)

2° Maurice de Fleury. *L'angoisse humaine*. (Présenté par M. E. Roux.)

MM. **Georges Perrier** et **Édouard Perrin** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *L. Bertin*.

M. F. **Lancelin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place d'astronome titulaire vacante à l'Observatoire de Paris.

MM. **Paul Botreau-Roussel**, **Jacques Bourcart**, **Albert Caquot**, **Henry Cardot** et **Henri Laugier**, **Marcel Crozet-Fourneyron**, **André Debierne**, **Paul Fleury**, **Pierre Fleury**, **René Garnier**, **Georges Giraud**, **Henri Glover**, **Jean-Jacques Kieffer**, **Émile Lambert**, **Paul Langevin**, **Ernest Lobstein**, **Franz Lœwinson-Lessing**, **Jean Mercier**, **François Pellegrin**, **Frédéric Roman**, **Georges Routin** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Léon Jacqué** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Henry Le Chatelier*.

MM. **Pierre Teilhard de Chardin** et le Recteur de l'**Université Saint-Joseph de Beyrouth** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Loutreuil*.

M[me] V[ve] **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration par approximations successives des systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre de forme résolue*. Note (¹) de M. **R.-H. Germay**.

Soit le système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre

$$\frac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\left(x_1, x_2, \ldots, x_n; z_1, \ldots, z_n; \frac{\partial z_1}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z_k}{\partial x_n}\right) \qquad (j = 1, 2, \ldots, k). \tag{1}$$

(¹) Séance du 8 décembre 1924.

Soit à chercher le système de ses intégrales holomorphes $Z_{j\infty}(x_1, \ldots, x_n)$ se réduisant pour $x_1 = x_1'^0$ aux fonctions $\chi_j(x_2, \ldots, x_n)$ holomorphes en $x_2'^0, \ldots, x_n'^0$ et dans le domaine de ce point. Les fonctions f sont supposées holomorphes en

$$(2)\quad x_1'^0, x_2'^0, \ldots, x_n'^0, \qquad z_j'^0 = \chi_j(x_2'^0, \ldots, x_n'^0), \qquad \left(\frac{\partial z_j}{\partial x_s}\right)_0' = \frac{\partial \chi_j}{\partial x_s}(x_2'^0, \ldots, x_n'^0)$$

et dans le domaine de ce point.

Les $Z_{j\infty}$ sont les limites pour $\mu \to \infty$ de fonctions $Z_{\bar{j}\mu}$; les $Z_{\bar{j}\mu}$ se définissent de proche en proche; $Z_{\bar{j},\mu+1}$ est l'intégrale de Cauchy, se réduisant pour $x_1 = x_1'^0$ à χ_j de l'équation

$$(3)\quad \frac{\partial z_j}{\partial x_1} = f_j\Bigg(x_1, x_2, \ldots, x_n; Z_{\bar{1}_\mu}, \ldots, Z_{\overline{j-1}_\mu}, z_j, Z_{\overline{j+1}_\mu}, \ldots, Z_{\bar{k}_\mu}; \frac{\partial Z_{\bar{1}_\mu}}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial Z_{\overline{j-1}_\mu}}{\partial x_n}; \frac{\partial z_j}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial z_j}{\partial x_n}; \frac{\partial Z_{\overline{j+1}_\mu}}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial Z_{\overline{j+1}_\mu}}{\partial x_n}, \ldots, \frac{\partial Z_{\bar{k}_\mu}}{\partial x_n}\Bigg)\ (^1).$$

Les $Z_{\bar{j}_\mu}$ et leurs dérivées partielles premières par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ peuvent être définies comme fonctions implicites par les équations [2]

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} &W_1 \bar{j}_\mu^{\infty}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ &\quad = z\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, p_n) \\ &\qquad - \chi_j\left[x_2\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1'^0, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1'^0, \ldots, p_n)\right] = 0, \\ &W_s \bar{j}_\mu^{\infty}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) \\ &\quad = p_s\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1'^0, x_1, x_2, \ldots, p_n) \\ &\qquad - \frac{\partial \chi_j}{\partial x_s}\left[x_2\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1'^0, x_1, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1'^0, \ldots, p_n)\right] = 0 \\ &\qquad\qquad (s = 2, \ldots, n), \end{aligned}\right.$$

où

$$x_s\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1, x_1'^0, x_2^0, \ldots p_n^0), \quad z\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1, x_1'^0, \ldots, p_n^0), \quad p_s\bar{j}_\mu^{\infty}(x_1, x_1'^0, \ldots, p_n^0)$$

sont les intégrales de Cauchy du système différentiel caractéristique relatif à l'équation qui fournit Z_μ. Désignons leurs approximations par $x_s\bar{j}_\mu^{\lambda}$, $z\bar{j}_\mu^{\lambda}$, $p_s\bar{j}_\mu^{\lambda}$

(1) *Intégration par approximations successives des équations aux dérivées partielles* (*Mémoires de la Soc. Roy. des Sc. de Liége*, t. **12**, 1924, p. 20).

(2) *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 2227.

et posons

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned} &W_1 \bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n)\\ &\quad = z\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1'^0, x_1, \ldots, p_n)\\ &\qquad - \chi_j\left[x_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1'^0, x_1, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1''^0, x_1, \ldots, p_n)\right],\\ &W_s \bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n)\\ &\quad = p_s\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_0'^0, x_1, \ldots, p_n)\\ &\qquad - \frac{\partial \chi_j}{\partial x_s}\left[x_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1'^0, x_1, \ldots, p_n), \ldots, x_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}(x_1'^0, x_1, \ldots, p_n)\right]\\ &\qquad\qquad (s = 2, \ldots, n); \end{aligned}\right.$$

$Z_{\bar{j}_\mu}$ et $\dfrac{\partial Z_{\bar{j}_\mu}}{\partial x_2}, \ldots, \dfrac{\partial Z_{\bar{j}_\mu}}{\partial x_n}$ sont les limites pour $\mu \to \infty$ des suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules récurrentes

$$(6)\quad \left\{\begin{aligned} &\xi\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu} = \xi\bar{j}^{\lambda}_{\mu} - W_1\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu}\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, \xi\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \pi_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \ldots, \pi_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}\right)\\ &\pi_s\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu} = \pi_s\bar{j}^{\lambda}_{\mu} - W_s\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu}\left(x_1, x_2, \ldots, x_n, \xi\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \pi_2\bar{j}^{\lambda}_{\mu}, \ldots, \pi_n\bar{j}^{\lambda}_{\mu}\right)\\ &\qquad\qquad (s = 2, \ldots, n), \end{aligned}\right.$$

moyennant les valeurs initiales

$$\xi\bar{j}^{0}_{\mu} = \chi_j, \qquad \pi_s\bar{j}^{0}_{\mu} = \frac{\partial \chi_j}{\partial x_s}.$$

Les approximations des dérivées d'ordre supérieur de $Z_{\bar{j}_\mu}$ s'obtiennent par dérivation des formules (6).

On peut trouver les formules récurrentes qui permettent de passer des approximations des $Z_{\bar{j}_\mu}$ à celles des $Z_{\bar{j}_{\mu+1}}$. Les approximations des intégrales du système différentiel caractéristique relatif à l'équation qui fournit $Z_{\bar{j}_{\mu+1}}$ s'obtiennent par les formules récurrentes

$$(7)\quad x_s\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu+1} = x_s\bar{j}^{0}_{\mu+1} - \int_{x_1^0}^{x_1}\left\{\left[\left[\frac{\partial f_j}{\partial p\bar{j}_s}\right]_{\substack{z_\rho = \xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}\\ p\bar{\rho}_\sigma = \pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}}\right]_{\substack{x_r = x_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}\\ z_j = z\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}\\ p\bar{j}_r = p_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}}}\right\}dx_1,$$

et

$$
(7)\quad\left\{
\begin{aligned}
&z\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu+1} = z\bar{j}^{0}_{\mu+1} + \int_{x_1^0}^{x_1} \left\{ \left[[f_i]^{z_\rho=\xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}_{p\bar{\rho}_\sigma=\pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}} - \sum_{k=2}^{k=n} p\bar{j}_k \left[\frac{\partial f_j}{\partial p\bar{j}_k}\right]^{z_\rho=\xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}_{p\bar{\rho}_\sigma=\pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}} \right]^{x_r=x_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}}_{\substack{z_j=z\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}\\ p\bar{j}_r=p_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}}} \right\} dx_1,\\
&p_s\bar{j}^{\lambda+1}_{\mu+1} = p_s\bar{j}^{0}_{\mu+1} + \int_{x_1^0}^{x_1} \left\{ \left[\left[\frac{\partial fj}{\partial x_s}\right]^{z_\rho=\xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}_{p\bar{\rho}_\sigma=\pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}} + \sum_{\substack{\rho=1,\,\ldots,\,j-1;\\ j+1,\,\ldots,\,k}} \pi_s\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu} \left[\frac{\partial f_j}{\partial z_\rho}\right]^{z_\rho=\xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}_{p\bar{\rho}_\sigma=\pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}} \right.\right.\\
&\qquad\left.\left. + \sum_{\substack{\rho=1,\,\ldots,\,j-1;\\ j+1,\,\ldots,\,k}}\ \sum^{\sigma=2,\,\ldots,\,n} \frac{\partial\pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}{\partial x_s}\left[\frac{\partial f_j}{\partial p\rho_\sigma}\right]^{z_\rho=\xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}_{p\bar{\rho}_\sigma=\pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}} + p_s\bar{j}\left[\frac{\partial f_j}{\partial z_j}\right]^{z_\rho=\xi\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}}_{p\bar{\rho}_\sigma=\pi_\sigma\bar{\rho}^{\lambda}_{\mu}} \right]^{x_r=x_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}}_{\substack{z_j=z\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}\\ p\bar{j}_r=p_r\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}}} \right\} dx_1\\
&\left(p\bar{j}_s = \frac{\partial z_j}{\partial x_s};\ s,\ \sigma = 2,\ \ldots,\ n;\ \rho = 1,\ 2,\ \ldots,\ j-1,\ j+1,\ \ldots,\ k\right).
\end{aligned}
\right.
$$

On définit alors les $W_1\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}$, $W_s\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}$ et les $\xi\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}$, $\pi_s\bar{j}^{\lambda}_{\mu+1}$ par des formules analogues aux formules (5) et (6).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières.* Note [1] de M. **Fritz Carlson**, présentée par M. Hadamard.

Soit

$$
(1)\qquad f(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \ldots
$$

le développement d'une fonction entière *d'ordre non nul*. Si ρ désigne l'ordre de la fonction, on suppose donc $\rho > 0$, le cas $\rho = \infty$ n'étant pas exclu. Je veux signaler quelques résultats concernant la distribution des zéros des polynomes

$$
(2)\qquad \mathfrak{P}_n(x) = c_0 + c_1 x + \ldots + c_n x^n \qquad (n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots).
$$

D'après les recherches de M. Maillet [2], il y a un cercle C_n dont le rayon tend vers l'infini avec n et tel que les zéros de $\mathfrak{P}_n(x)$ à l'intérieur de C_n convergent vers ceux de $f(x)$. Cependant ce cercle C_n ne contient qu'une partie infiniment petite des zéros de $\mathfrak{P}_n(x)$, et l'on ne connaît pas

---

(1) Séance du 8 décembre 1924.

(2) *Journal de Math.*, 5e série, t. 8, 1902, p. 343.

à quel point la fonction donnée $f(x)$ déterminera la distribution des zéros de la suite (2).

Les résultats les plus précis qu'on puisse obtenir concernent les fonctions d'ordre infini. *Pour toute fonction donnée d'ordre infini, on peut trouver une suite* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *et des cercles adjoints* $|x| = \mathrm{R}_{n_i}$ *jouissant des propriétés suivantes. Soient* ε, δ, ξ_0 *des nombres positifs d'ailleurs arbitrairement petits. Il existe un* $i_0 = i_0(f, \varepsilon, \delta, \xi_0)$ *tel que pour* $i > i_0$ *le nombre des zéros de* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *dans tout domaine*

$$\mathrm{R}_{n_i}(1-\delta) \leqq |x| \leqq \mathrm{R}_{n_i}(1+\delta)$$

$$|\arg x - \nu| \leqq \frac{\xi}{2}, \qquad \xi \geqq \xi_0, \qquad 0 \leqq \nu \leqq 2\pi$$

est égal à

$$\frac{\xi}{2\pi} n_i(1+\eta)$$

où $|\eta| < \varepsilon$. On pourra dire que le cercle $|x| = \mathrm{R}_{n_i}$ joue le même rôle que le cercle de convergence d'une fonction non entière.

Pour les fonctions d'ordre fini, on aura le théorème suivant. Dans ce théorème figureront deux fonctions $\varphi(u) = \varphi(u, \rho)$ et $\theta(\xi) = \theta(\xi, \rho)$ dépendant de l'ordre ρ de la fonction, mais non pas de la fonction elle-même. Ces fonctions bien déterminées possèdent les propriétés ($\rho > 0$) :

(3) $$\varphi(u) > 0 \quad \text{pour } u > 0; \qquad \lim_{u=\infty} \varphi(u) = 1,$$
$$\theta(\xi) > 0 \quad \text{pour } \xi > 0.$$

Soit (1) *une fonction entière d'ordre* $\rho > 0$. *On peut trouver une suite* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$, $i = 1, 2, 3, \ldots$, *et des cercles adjoints* $|x| = \mathrm{R}_{n_i}$ *qui ont les propriétés suivantes. Soient* ε, δ, u_0, u_1, ξ_0 *des nombres positifs fixes d'ailleurs arbitrairement petits. Il existe un* $i_0 = i_0(\varepsilon, \delta, u_0, u_1, \xi_0, f)$ *tel que pour* $i > i_0$ *le nombre des zéros de* $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *dans toute couronne*

$$\mathrm{R}_{n_i} e^{-u} \leqq |x| \leqq \mathrm{R}_{n_i} e^{\delta}, \qquad u_0 \leqq u \leqq u_1$$

soit supérieur à

(4) $$n_i \varphi(u)(1-\varepsilon),$$

et qu'en même temps, le nombre des zéros de $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$ *dans un angle quelconque de grandeur* $\xi \geqq \xi_0$ *ayant son sommet à l'origine soit supérieur à*

(5) $$n_i \theta(\xi)(1-\varepsilon).$$

On voit que les expressions (4) et (5) donnent une partie non infiniment

petite des zéros de $\mathfrak{P}_{n_i}(x)$. D'après (3), on peut choisir u suffisamment grand pour que l'expression (4) soit supérieure à $n_i(1-\varepsilon)$.

Nous avons exclu les fonctions d'ordre nul et, pour ces fonctions, il n'y a pas de telles relations générales (c'est-à-dire valables pour toute fonction et non seulement pour des fonctions appartenant à certains types de croissance). Pour le mettre en évidence il suffit de rappeler un problème dont se sont occupés plusieurs auteurs [1] : déterminer les fonctions entières telles que tous les $\mathfrak{P}_n(x)$ aient leurs zéros sur une même demi-droite ou sur une ligne droite ou bien dans un demi-plan donné, etc. Notre théorème montre que dans des conditions encore plus générales une telle fonction sera nécessairement d'ordre nul. D'autre part, M. Hardy [2] a montré qu'il existe effectivement de telles fonctions d'ordre nul.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'ensemble où une fonction continue a une valeur constante*. Note [3] de M. S. Stoilow, présentée par M. Émile Borel.

Je me suis occupé dans une Note récente [4] de certaines propriétés des transformations continues d'une variable. Le dernier paragraphe de cette Note est consacré à l'établissement d'un fait dont l'intérêt principal réside dans l'application suivante :

1. Soit la fonction continue quelconque $y=f(x)$, transformant le segment $(0,1)$ de Ox en (A,B) sur Oy. Il existe alors un ensemble I, de mesure nulle (Note citée, p. 810), formé des points où il n'existe pas de dérivée bilatérale (finie ou infinie) pour au moins l'une des fonctions z, t, ξ ou τ, relatives à un sous-segment quelconque de $(0,1)$ à extrémités rationnelles.

Soient Δ_d, δ_d, Δ_g et δ_g les nombres dérivés de $f(x)$ en x. Les limites pour $X=x$, si elles existent, du λ et du μ (p. 810) de droite, sont Δ_d et δ_d.

Mais, à la façon dont $z(y)$ est définie, la quantité $\frac{1}{z'_y[f(x)]}$, qui a un sens si la valeur y correspondant à x est prise hors de I, cette quantité représente *à la fois*, puisqu'il s'agit de dérivée bilatérale, la limite du λ de

---

(1) Petrovitch, *Atti del IV. Congresso dei Mat.* (Roma), vol. 2, 1909, p. 36. — Polya, *Rendiconti del Circ. Mat. di Palermo*, t. 36, 1913, p. 279.

(2) *Messenger of Math.*, t. 33, 1904, p. 62.

(3) Séance du 1er décembre 1924.

(4) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 807.

droite [où $f(X)$ est considérée seulement aux points où l'on a $f(X) \geqq f(x)$] et celle du μ de gauche.

On a donc $\Delta_d = \delta_g$.

On peut raisonner d'une façon tout à fait analogue sur t, ζ et τ et l'on obtient ainsi la proposition que voici :

Si b est une valeur prise sur (A, B) *en dehors de* I, *en tout point x de l'ensemble*

$$f(x) = b,$$

qui n'est point limite que d'un seul côté, on a $\Delta_d = \delta_g$ si ce point est un z ou un t, et $\Delta_g = \delta_d$ s'il est ζ ou τ. (Tout point de l'espèce considérée doit nécessairement être de l'une de ces quatre catégories.)

En particulier, si le point x est *isolé*, il est à la fois z et τ ou bien ζ et t, donc *il existe en ce point une dérivée bilatérale*.

Si la fonction $f(x)$ n'a de dérivée pour aucun point de l'ensemble $f(x) = b$, où b est pris hors de I, cet ensemble est nécessairement parfait, car il ne peut contenir de point isolé. Ceci complète les résultats du paragraphe 2 de la Note précédente.

2. En coordonnant la proposition de plus haut avec les résultats obtenus dans la Note précédente (p. 809) on peut avoir des renseignements plus complets sur la nature des ensembles $f(x) = b$, pour b ordinaire par rapport à I et à H à la fois.

On peut encore faire entrer dans H toutes les valeurs b pour lesquelles l'une des solutions de $f(x) = b$ aurait un nombre dérivé extrême quelconque nul.

C'est une généralisation d'un théorème de M. Lusin obtenue récemment par M. Saks dans les *Fundamenta Mathematicæ*, que l'ensemble de ces valeurs est encore de mesure nulle. Cette proposition, qui n'est établie dans ma Note que pour une *dérivée latérale*, peut être démontrée assez facilement au moyen de la fonction $\varphi(y)$ employée à cet endroit.

Dans l'énoncé que j'ai tiré de cette proposition se sont glissé deux fautes d'impression qui le rendent presque inintelligible. Je profite de l'occasion pour le formuler à nouveau en y introduisant l'extension dont il est question ici :

Toute fonction continue, qui n'est pas une constante, EST *telle que l'ensemble des points où il n'y a pas de* NOMBRE DÉRIVÉ EXTRÊME *nul, contient un ensemble parfait dont toute portion se transforme par la fonction en un ensemble de mesure positive.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques généralisations du triangle arithmétique de Pascal.* Note [1] de M. **Antoine Lomnicki.**

Il s'agit de la question suivante : un mobile, sortant du point P aux coordonnées zéro, décrit un mouvement brownien spécial : il se déplace, dans chaque unité de temps, d'une unité de longueur dans la direction d'un des axes des coordonnées et dans un sens quelconque; quelle est la probabilité pour que ce mobile se trouve au temps n en Q, les coordonnées de Q étant des entiers connus? Je présente ici la solution explicite de cette question pour une, deux et trois dimensions [2]. On a à trouver le nombre $a_n(x, y, z)$ de chemins différents composés de n segments-unités parallèles aux axes, menant de $P(0, 0, 0)$ à $Q(x, y, z)$. Partageons l'espace en cubes dont les arêtes sont parallèles aux axes et de longueur unité, en prenant pour centres de ces cubes tous les points à coordonnées entières. Comme le point Q ne peut être abordé que par les six cubes qui ont des faces communes avec le cube au centre duquel se trouve Q, on obtient pour $a_n(x, y, z)$ la formule récurrente suivante :

$$(1)\qquad \begin{aligned} a_{n+1}(x, y, z) = {} & a_n(x-1, y, z) + a_n(x+1, y, z) + a_n(x, y-1, z) \\ & + a_n(x, y+1, z) + a_n(x, y, z-1) + a_n(x, y, z+1) \end{aligned}$$

avec les valeurs initiales $a_0(0, 0, 0) = 1$, $a_0(x, y, z) = 0$ pour toutes les autres valeurs de x, y, z.

Dans le cas d'une et de deux dimensions, on trouve sans peine, par induction complète, pour les quantités analogues $a_n(x)$, $a_n(x, y)$ les formules

$$(2)\qquad a_n(x) = \binom{n}{\frac{n-x}{2}} = \binom{n}{p},$$

$$(3)\qquad a_n(x, y) = \binom{n}{\frac{n+x+y}{2}}\binom{n}{\frac{n+x-y}{2}} = \binom{n}{p}\binom{n}{q}.$$

---

[1] Séance du 1[er] décembre 1924.

[2] M. G. Pólya a démontré sur ces probabilités des théorèmes remarquables sans avoir calculé les formules effectives; voir *Irrfahrt im Strassennetz* (*Mathematische Annalen*, t. 84, 1921, p. 149-160).

L'ensemble des nombres $a_n(x)$ différents de zéro est identique à l'ensemble des nombres du triangle arithmétique de Pascal. Quant aux nombres (3), on peut les ranger dans une pyramide à sections carrées. Cette pyramide peut être regardée comme une généralisation du triangle de Pascal comme la formule récurrente qui lui correspond,

$$a_{n+1}(x, y) = a_n(x-1, y) + a_n(x+1, y) + a_n(x, y-1) + a_n(x, y+1),$$

généralise la formule connue

$$\binom{n+1}{p} = \binom{n}{p} + \binom{n}{p-1}.$$

D'une manière analogue, les nombres $a_n(x, y, z)$ admettent dans l'espace à quatre dimensions un arrangement dans une « hyperpyramide » dont les « sections » sont des octaèdres réguliers. Cependant la formule correspondant à ce dernier cas se montre beaucoup plus compliquée et plus difficile à trouver que (2) ou (3). On y parvient en transformant notre problème en la question suivante d'analyse combinatoire :

Trouver le nombre des arrangements avec répétition de la classe n de six éléments p_x, n_x, p_y, n_y, p_z, n_z, assujettis aux trois conditions supplémentaires :

$$N(p_x) - N(n_x) = x, \qquad N(p_y) - N(n_y) = y, \qquad N(p_z) - N(n_z) = z,$$

$N(a)$ désignant, en général, le nombre de fois que se répète l'élément a dans un arrangement, tandis que p_x symbolise un segment parcouru dans le sens des x positifs, ayant l'unité de longueur; n_x un segment analogue dans le sens négatif; et de même, p_y, n_y, p_z, n_z pour y et z.

La symétrie du problème fournit

$$a_n(x, y, z) = a_n(|x|, |y|, |z|),$$

il est donc inutile de considérer des valeurs négatives de x, y, z.

On voit aussi que l'on obtient des $a_n(x, y, z)$ non nuls seulement pour $x + y + z \equiv n \pmod 2$. Restreignons les valeurs de x, y, z conformément à ces remarques. La formule

$$N(p_x) + N(p_y) + N(p_z) + N(n_x) + N(n_y) + N(n_z) = n,$$

combinée avec les conditions supplémentaires, donne

$$N(p_x) + N(p_y) + N(p_z) = \frac{n + x + y + z}{2}$$

comme nombre des segments-unités positifs. On peut donc les choisir de $\binom{n}{\frac{n+x+y+z}{2}}$ manières parmi les n segments disponibles. Après avoir choisi un arrangement déterminé des p et n sans indices, on attribue à $N(p_z)$ successivement toutes les valeurs admissibles, c'est-à-dire

$$z, \quad z+1, \quad z+2, \quad \ldots, \quad z+\frac{n-x-y-z}{2}.$$

On démontre qu'une valeur particulière $N(p_z)=z+s$ donne naissance à

$$\binom{\frac{n+x+y+z}{2}}{z+s}\binom{\frac{n-x-y-z}{2}}{s}\binom{n-z-2s}{\frac{n+x-y-z}{2}-s}$$

arrangements différents. Nous trouvons enfin, en posant

$$\frac{n+x+y+z}{2}=p, \qquad \frac{n+x-y-z}{2}=q, \qquad z=r,$$

la formule

$$(4) \qquad a_n(x, y, z)=\binom{n}{p}\sum_{s=0}^{s=p}\binom{p}{s}\binom{n-p}{r+s}\binom{n-r-2s}{q-s}.$$

Il apparaît d'ailleurs que la formule subsiste pour x, y, z négatifs, de sorte que l'on n'est pas forcé de remplacer x, y, z par leurs modules.

La formule (4) montre des propriétés de symétrie intéressantes généralisant celles de nombres de Pascal. On la vérifie par induction complète, à l'aide de la formule récurrente (1), en tenant compte des valeurs initiales.

La généralisation du triangle de Pascal considérée ci-dessus n'est pas la seule possible. On trouve, par exemple, pour le nombre $b_n(x, y, z)$ des chemins d'un mobile qui décrit dans chaque unité du temps la diagonale joignant le centre d'un cube au centre d'un des huit cubes voisins, l'expression

$$b_n(x, y, z)=\binom{n}{\frac{n+x}{2}}\binom{n}{\frac{n+y}{2}}\binom{n}{\frac{n+z}{2}}.$$

On peut ranger ces nombres en « hyperpyramide » dont les sections sont des cubes. Une autre généralisation est fournie au moyen d'un mobile qui passe toujours par les milieux des arêtes. La section de l'hyperpyramide est ici un corps semi-régulier d'Archimède (combinaison cristallographique du cube et de l'octaèdre). Je n'ai pas cherché la formule relative à ces derniers nombres.

HYDRAULIQUE. — *Sur quelques procédés de mesure des vitesses en hydraulique.* Note de MM. L. **Escande** et M. **Ricaud**, présentée par M. Rateau.

1. *Détermination chronophotographique des vitesses en régime turbulent.* — La méthode habituelle [1], utilisant des poussières en suspension, ne donne pas de résultat dans l'étude du régime turbulent. Les variations continuelles de la vitesse en chaque point donnent une orientation différente aux particules passant successivement en ce point, et toute mesure devient impossible. Si l'on substitue aux poussières des billes, de densité égale à celle de l'eau, de 2 à 3^{mm} de diamètre par exemple, ces billes intègrent la vitesse des particules en contact avec elles et prennent la vitesse moyenne locale de l'eau, en chaque point. Elles suivent donc les trajectoires moyennes, avec une vitesse, bien déterminée, que l'on mesure facilement par la chronophotographie.

Nous avons vérifié l'exactitude des indications fournies par les billes en les comparant à celles données :

a. Par le tube de Pitot, dans la détermination de la vitesse à l'intérieur d'un ajutage, en régime turbulent; pour cette vitesse, le tube de Pitot donnait 1,40 m : s, les billes 1,39.

b. Par la chronophotographie de poussières, dans un écoulement non turbulent, en étudiant la répartition des vitesses sur un barrage épais. La concordance a été très satisfaisante, les vitesses variant de 0,6 à 0,9 m : s.

2. *Théorie du tube de Pitot.* — La vitesse V en un point du courant liquide est donnée par la formule du tube de Pitot, employée conformément aux indications de M. Rateau :

$$V = \sqrt{2g(H_1 - H_2)},$$

H_1 étant la hauteur d'eau correspondant à l'orifice A, normal aux filets; H_2 étant la hauteur d'eau correspondant à l'orifice B, parallèle aux filets.

On prétend souvent que cette formule est empirique, et qu'on ne peut appliquer l'équation de Bernoulli entre les points A et B, ces filets ne se trouvant pas sur la même trajectoire.

L'étude chronophotographique nous a montré qu'on peut disposer les orifices A et B sur le même filet, et que la vitesse des particules liquides

---

[1] C. Camichel, *Sur la détermination des vitesses dans les liquides* (*Revue générale de l'Électricité*, t. 6, 1919, p. 707-709).

arrivant contre l'orifice A devient très faible au voisinage de celui-ci, puis, change de direction et croît le long des parois latérales du tube, pour reprendre en B sa valeur normale.

L'équation de Bernoulli est donc rigoureusement applicable entre les points A et B, à condition que ces points soient convenablement choisis. Contrairement à ce que l'on dit, ces points doivent être à une distance suffisante pour que les conditions que nous venons d'indiquer soient réalisées.

3. *Perfectionnement au tube de Pitot.* — Le tube de Pitot a une graduation parabolique, et manque de sensibilité pour les faibles vitesses.

Nous employons pour celles-ci un dispositif de M. Camichel dans lequel on compense la différence de pression $H_1 - H_2$, entre les orifices A et B, par une pression antagoniste réglable; celle-ci est produite par une pompe branchée dans une portion de circuit réunissant les orifices A et B; ce circuit renferme également un index constitué par une bille, ayant la même densité que l'eau, située dans un tube de verre. On détermine la vitesse de la pompe pour laquelle la bille reste immobile.

On arrive ainsi à mesurer les vitesses d'eau de 3 à 4 cm : s.

Remarque au sujet de la Communication précédente, par M. **Rateau**.

Il est clair que la sorte d'intégration donnée par les petites billes ne sera satisfaisante que si le diamètre de ces billes correspond à celui des remous ou tourbillons qui constituent la turbulence. Il faudra donc proportionner convenablement ce diamètre à l'amplitude des remous.

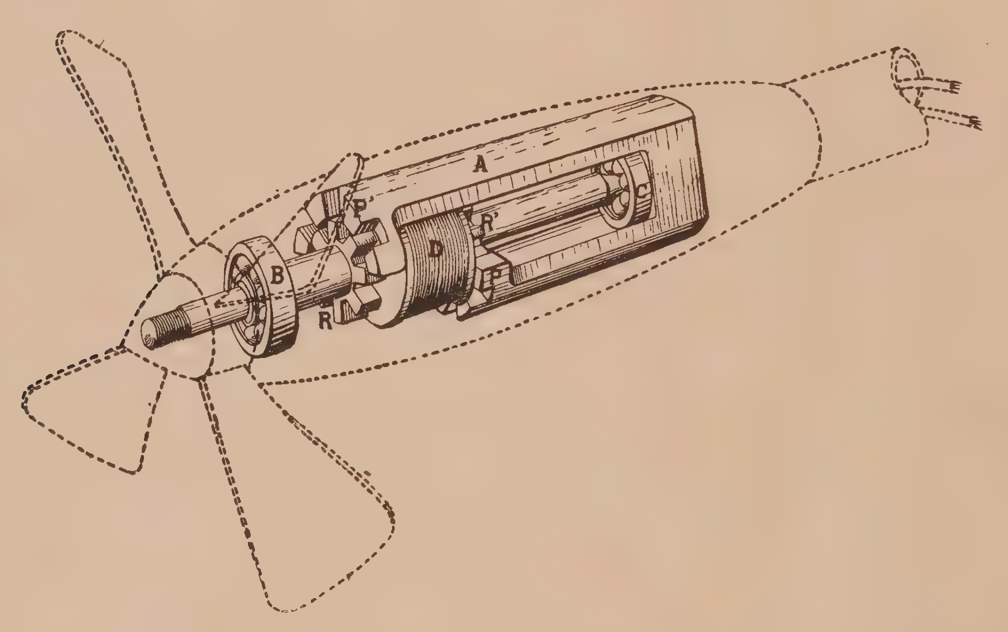
NAVIGATION AÉRIENNE. — *Indicateur acoustique de vitesse relative pour aéronef*. Note de M. **A. de Gramont de Guiche**, présentée par M. A. Rateau.

Un pilote d'avion doit pouvoir connaître, à chaque instant, la vitesse du vent relatif et, en particulier, sa limite inférieure au voisinage de laquelle commence le danger de la perte de vitesse. Sur un planeur, le pilote se trouve constamment aux environs de cette limite et l'indicateur de vitesse relative doit être consulté d'une façon presque permanente. Si l'aviateur peut juger de cette vitesse relative et de ses variations par l'oreille, sa tâche se trouve simplifiée, car il n'est plus astreint à fixer des yeux un appareil déterminé.

On conçoit, d'autre part, qu'un élève apprenne à piloter au moyen de réflexes auditifs. Sur un planeur où les coups de vent latéraux ont une

action marquée, deux indicateurs placés aux extrémités des ailes donneraient au pilote, par audition double, la perception des rafales, avant que l'inertie de la cellule ne lui ait permis de la reconnaître par une oscillation.

L'intérêt de l'indicateur acoustique n'avait pas échappé à certains pilotes : M. le capitaine Lucca, dès 1911, se servit d'une petite sirène entraînée par une hélice; on a retrouvé également dans les papiers laissés par Maurice Guéritot un projet de micro-sirène mue par la dépression d'un tube de Venturi.



Nous avons essayé, pour réduire l'inertie du système, de conduire au moyen d'une hélice très légère un petit alternateur à fer tournant. A chaque tour de l'hélice correspond un certain nombre de maxima du courant, qui, dans un récepteur téléphonique, produisent un son de hauteur déterminée. Les frottements ont été réduits le plus possible, en sorte que l'énergie empruntée au courant d'air relatif est presque entièrement transformée en énergie électrique utilisée dans le récepteur.

Le couple résistant de l'alternateur étant peu important permet au moulinet de tourner avec un recul très faible, ce qui est la condition de fonctionnement correct d'un bon anémomètre.

Le moulinet alternateur se compose d'un corps fuselé en aluminium, taraudé à l'arrière pour recevoir l'extrémité de l'antenne de fixation et portant l'hélice à sa partie antérieure.

Dans ce corps, se loge un aimant permanent A dont les branches inégales sont terminées par des pièces polaires PP′ crénelées correspondant aux roues dentées RR′ portées sur l'axe de l'hélice anémométrique et entraînées par elle.

Cet axe tourne dans le roulement à billes B et dans la crapaudine C. Il traverse sans frottement la bobine fixe D qui constitue l'enroulement induit de l'alternateur d'où partent les fils du récepteur téléphonique.

Le flux magnétique subit une déviation d'un des pôles à l'autre, mais se trouve sensiblement axial dans la région de la bobine, la valeur du flux étant fonction, à un instant donné, de la grandeur des entrefers du système : il présente un maximum chaque fois que les dents des pôles sont en face de celles de l'axe tournant, soit huit fois par tour d'hélice.

Le son moyen produit devra correspondre à l'intervalle de plus grande sensibilité pour l'oreille : il sera déterminé, pour un avion donné, par le pas de l'hélice du moulinet.

Les dimensions de l'appareil ont été réduites autant que possible, afin de diminuer le moment d'inertie des éléments mobiles : le poids de l'hélice en duralumin ne dépasse pas 10^{g} pour 9^{cm} de diamètre.

Cet indicateur de vitesse a été mis en essai par le lieutenant Thoret; celui-ci s'exprime à son sujet comme suit : « Les variations de vitesse obtenues par des piqués ou des cabrages, même légers, ou par des variations du moteur étaient signalées par des variations du son de façon parfaite. On peut continuer à observer le sol en étant renseigné, malgré soi, sur la vitesse. »

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Procédé de régénération du gaz des dirigeables évitant leur dégonflement.* Note (¹) de MM. R. **Biquard** et A. **Chenu**, présentée par M. Rateau.

La nécessité de remplacer périodiquement, d'une manière partielle ou totale, le gaz hydrogène ou hélium contenu dans les dirigeables constitue un gros inconvénient de leur technique.

Quand la force ascensionnelle est devenue insuffisante par suite de rentrées d'air, on procède à un dégonflement partiel ou total suivi de regonflement avec du gaz pur. Ces opérations sont longues et coûteuses, en

(¹) Séance du 8 décembre 1924.

raison des manœuvres qu'elles nécessitent. Elles sont de plus très préjudiciables à la conservation du ballon. Les enveloppes des ballons souples sont piétinées et traînées sur le sol, ce qui les éraille et amène fréquemment une diminution sensible de leur étanchéité après regonflement. Quant aux ballonnets de baudruche des rigides, ils se fissurent par suite des plissements, surtout si le temps n'est pas très humide, et cela au point que l'on considère comme hors de service des ballonnets ayant subi trois dégonflements. Or ils représentent 20 pour 100 de la valeur du dirigeable. De plus, dans le cas des rigides, l'étayage ne permet pas toujours d'éviter des déformations de la carcasse, susceptibles de constituer des amorces de ruptures ultérieures.

Nous avons pensé que ces inconvénients seraient évités si l'on substituait au procédé de dégonflement et regonflement un procédé de régénération de gaz par simple circulation gazeuse entre le ballon, ou les ballonnets, et des appareils épurateurs appropriés, établie de manière que le circuit gazeux comprenne toute la capacité du ballon (*fig.* 1) ou des ballonnets

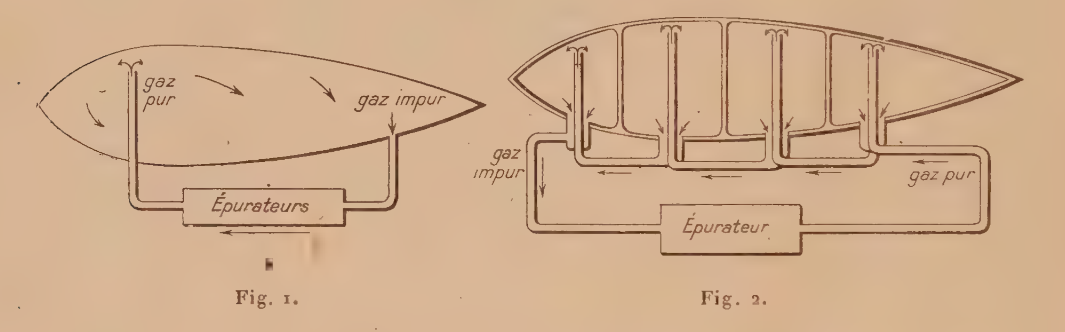


Fig. 1. Fig. 2.

reliés entre eux en série (*fig.* 2) et l'appareil épurateur. L'appareil épurateur peut être du type de ceux utilisés pour l'extraction de l'hydrogène du gaz à l'eau. Pour le gaz hélium, on peut avoir recours au principe, déjà utilisé par l'Aéronautique américaine, de l'absorption des impuretés par le charbon de bois à la température de l'air liquide.

Il peut sembler au premier abord que le mode de régénération par simple circulation soit désavantageux à cause du mélange du gaz purifié renvoyé au ballon avec le gaz non encore traité.

Nous avons déterminé par le calcul quelle peut être l'influence de la diffusion gazeuse sur le rendement pratique d'une opération ainsi conduite, et quel serait, en fonction du volume du ballon, le volume total du gaz à faire circuler dans l'épurateur pour obtenir un degré de purification déterminé.

Nous avons, dans ces calculs, supposé qu'il y a diffusion instantanée du gaz pur renvoyé au ballon dans la totalité de la masse gazeuse du ballon.

Soient A le volume total du gaz contenu dans le ballon (que nous supposons d'abord à capacité unique), k_0 sa teneur volumétrique en impuretés au début de l'opération, k cette teneur à un moment quelconque de l'opération, et t la teneur résiduelle constante, en impuretés, du gaz sortant de l'épurateur.

Soit $-dk$ la diminution de la teneur k de la masse A lorsqu'il rentre et se diffuse dans ce volume un élément de volume dv de gaz purifié.

On a

$$-\mathrm{A}\,dk = (k-t)\,dv,$$

qui peut s'écrire, puisque t est constant,

$$-\mathrm{A}\,d(k-t) = (k-t)\,dv.$$

En intégrant, on trouve aisément, pour valeur de k, lorsqu'un volume V de gaz a traversé l'épurateur,

$$k = t + (k_0 - t)\,e^{-\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}}.$$

Pour V = A, on trouve ainsi que l'on a éliminé 63 pour 100 de la quantité totale d'impuretés éliminables (eu égard à la teneur résiduelle t d'impuretés que l'épurateur est toujours supposé ne pouvoir éliminer). Ce taux atteint 78 pour 100 lorsque V atteint 1,5 fois le volume du ballon et 86 pour 100 lorsque V atteint 2 fois ce volume.

Dans le cas d'un dirigeable à plusieurs ballonnets, il est facile d'étendre le calcul ci-dessus, à condition toutefois d'admettre, pour éviter des formules très complexes, que :

1° Les n ballonnets du dirigeable ont tous la même capacité

$$a = \frac{\mathrm{A}}{n};$$

2° Lorsque le premier ballonnet reçoit un volume V de gaz purifié sortant de l'épurateur, le deuxième ballonnet reçoit un volume $(\mathrm{V} - a)$ de gaz pur, le troisième ballonnet un volume $(\mathrm{V} - 2a)$, etc.

En appliquant au gaz du premier ballonnet la formule établie plus haut pour une capacité unique, on trouve que, après passage d'un volume V dans l'épurateur, la tenenr en impuretés dans le premier ballonnet devient

$$k_1 = t + (k_0 - t)\,e^{-\frac{\mathrm{V}}{a}} = t + (k_0 - t)\,e^{-\frac{n\mathrm{V}}{\mathrm{A}}}$$

et d'une façon générale pour le $n^{\text{ième}}$ ballonnet,

$$k_n = t + (k_0 - t)\, e^{-\frac{V-(n-1)a}{a}} = t + (k_0 - t)\, e^{-\left[\frac{nV}{A} - (n-1)\right]}.$$

Le tableau ci-dessous donne une idée des résultats numériques auxquels conduisent ces formules dans le cas d'un dirigeable à cinq ballonnets supposés d'égal volume.

Rapport du volume de gaz ayant traversé l'épurateur au volume total du gaz du dirigeable. $\frac{V}{A}$.	Taux pour 100 d'épuration dans les différents ballonnets (Rapport de la quantité d'impuretés éliminées à la quantité d'impuretés éliminables avec l'appareil d'épuration employé). Premier ballonnet.	Deuxième ballonnet.	Troisième ballonnet.	Quatrième ballonnet.	Cinquième ballonnet.	Moyenne.
1	99,5	98	95	85,5	63,5	87,2
1,3	99,5	99	98,5	97	95	97,7
1,5	99,7	99,5	99	98,5	97	98,7

On voit donc qu'avec un rapport $\frac{V}{A} = 1,3$, c'est-à-dire en prolongeant la circulation dans l'épurateur de façon que le volume gazeux qui le traverse dépasse de 30 pour 100 seulement le volume du gaz du ballon, on obtiendrait une épuration qui, d'après la théorie et les calculs ci-dessus, serait d'environ 98 pour 100 de l'épuration maximum qu'il est possible d'obtenir avec les appareils purificateurs employés.

Les expériences faites sur des réservoirs de 200 litres ont confirmé les prévisions théoriques. L'extrême simplicité des phénomènes mis en jeu donne de fortes raisons de considérer que la théorie se trouverait également confirmée par des expériences faites sur des dirigeables, et que le procédé qui vient d'être exposé permettrait d'aplanir une des difficultés essentielles que rencontre leur utilisation.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon pendant le troisième trimestre de* 1924. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 87 jours d'observations dans ce trimestre [1], et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Le nombre et l'étendue de ces phénomènes ont encore augmenté : on a,

[1] Avec l'aide de M[lle] Bloch.

en effet, enregistré 30 groupes de taches dont l'aire moyenne totale est de 2690 millioniêmes, au lieu de 17 groupes et 1705 millioniêmes, précédemment.

Cet accroissement appartient entièrement à l'hémisphère boréal, avec 24 groupes au lieu de 10; dans l'autre hémisphère il y a eu diminution d'un groupe, soit 6 au lieu de 7.

Le groupe août 30,8 à + 20° de latitude moyenne (Tableau I), né le 28, s'est développé avec une rapidité extraordinaire; ses deux taches principales, distantes entre elles de 10° en longitude, ont été *visibles à l'œil nu :* la suivante, ou orientale, dès le 30, et la précédente, ou occidentale, à dater du 31. — Dans le groupe du mois de juin, à + 31° de latitude, la tache principale seule visible à l'œil nu ([1]), était la précédente.

D'autre part, la diminution des jours sans taches s'est accélérée, leur proportion a passé, effectivement, de 0,23 à 0,02.

Enfin, la latitude de l'ensemble est restée sensiblement stationnaire au sud de l'équateur, avec — 24°,8 au lieu de — 24°,7, mais elle a beaucoup diminué au nord, avec + 22°,0 au lieu de + 31°,3.

Régions d'activité. — Les facules ont augmenté en nombre et en étendue : nous avons enregistré, effectivement, 62 groupes et une aire totale de 42,6 millièmes, au lieu de 50 groupes et 26,1 millièmes.

Cette augmentation appartient également à l'hémisphère boréal, avec 45 groupes au lieu de 32, tandis que l'hémisphère austral a fourni un groupe en moins, soit 17 au lieu de 18.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet. — 0,03.			
27– 8	12	3,9		+32	153
2–11	10	5,5		+19	67
1– 5	5	5,9		+26	61
8	1	7,3		+32	6
5– 8	4	9,4	−22		26
9–17	9	11,3		+ 5	232
9–12	4	12,2	−27		9
7–19	13	12,7		+21	227
21–23	2	18,1		+28	27
23	1	19,8		+45	6
23–29	7	23,6		+27	24
21	1	25,3		+19	11
26– 6	12	30,8		+34	94
	30 j.		−24°,5	+26°,2	
		Août. — 0,03.			
31– 1	2	6,0		+38	12
7–10	4	6,2	−19		8
31–12	13	7,0		+ 5	207
		Août (suite).			
3– 5	3	8,4		+27	10
12–14	2	9,2	−27		40
3–10	8	9,4		+24	24
15–26	12	21,2		+14	164
16–24	8	22,0		+18	86
28–6	9	30,8		+20	707
	30 j.		−23°,0	+20°,9	
		Septembre. — 0,00.			
28– 9	11	3,0		+ 3	160
6 – 7	2	4,9	−29		24
10–19	10	14,3		+22	123
20–22	3	21,8		+23	5
19–26	7	23,4	−25		75
28–29	2	24,9		+19	21
28–29	2	28,5		+20	6
25– 3	7	30,3		+ 7	75
	27 j.		−27°,0	+15°,7	

([1]) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1144.

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1924.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet	»	»	2	»	»	2	11	1	2	4	3	1	13	943
Août	»	»	1	1	»	2	7	1	3	2	1	»	9	1258
Septembre	»	»	2	»	»	2	6	2	2	2	»	»	8	489
Totaux	»	»	5	1	»	6	24	4	7	8	4	1	30	2690

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1924.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet	»	»	4	1	»	5	15	1	3	5	3	3	20	17,7
Août	»	»	3	2	»	5	16	1	4	5	4	2	21	12,4
Septembre	»	5	1	1	»	7	14	1	4	6	»	3	21	12,5
Totaux	»	5	8	4	»	17	45	3	11	16	7	8	62	42,6

ÉLECTRICITÉ. — *Un fréquencemètre électrolytique de construction simple.* Note de M. A.-P. Rollet, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'appareil est basé sur les phénomènes d'oxydation et de réduction successives que subit une électrode d'argent, quand on électrolyse une solution alcaline en courant alternatif de basse fréquence.

Pour mettre en évidence les réactions chimiques qui se produisent à la surface de l'argent, il suffit, pendant le passage du courant, de retirer d'un mouvement assez rapide l'électrode du bain électrolytique.

Considérons sur une lame d'argent servant d'électrode toute une série de segments de droite horizontaux. Lors du déplacement vertical de la lame, le courant est interrompu pour chacun de ces segments à l'instant où ils émergent de la surface de l'électrolyte. Chacun de ces segments présente donc un aspect des réactions d'oxydation et de réduction correspondant à la phase du courant alternatif où s'est produite l'interruption pour le segment considéré. On a sur la lame une série de bandes alternativement noires (oxyde d'argent) et blanches (argent métallique). Chaque bande noire avec la bande blanche voisine correspond à une période entière du courant alternatif, et représente l'oxydation anodique puis à l'alternance suivante la réduction cathodique.

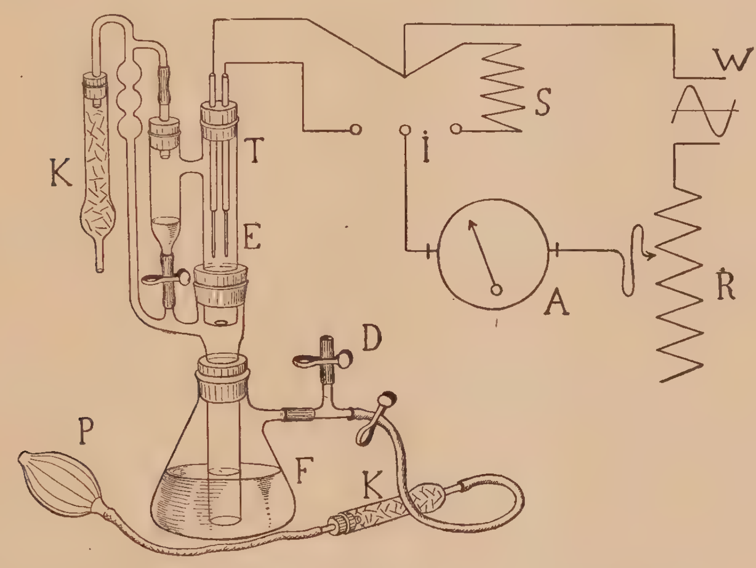
Cette expérience ressemble à celle bien connue du papier, imbibé de sulfate de soude et de tournesol, et relié à un pôle de la source de courant

alternatif, tandis que l'autre pôle est promené sur le papier. Dans ce cas cependant l'électrode mobile marque simplement qu'elle est de façon discontinue cathode, ce qui ne caractérise pas uniquement un courant alternatif.

On peut, au moyen d'électrodes d'argent, mesurer la fréquence donnée par la relation

$$n = lv,$$

n, fréquence du courant alternatif; l, nombre de raies noires comptées sur la lame par unité de longueur verticale; v, vitesse de déplacement vertical de la lame.



A, ampèremètre; D, déclanchement de l'écoulement par chute de la pression d'air; E, électrodes d'argent; F, électrolyte; I, interrupteur inverseur; K, tubes à potasse solide; P, poire de caoutchouc; R, résistance variable; S, résistance fixe égale à celle de la cellule électrolytique; T, tube de Torricelli; W, source du courant alternatif.

Dans l'appareil qui a été réalisé (voir la figure) les électrodes sont fixes et l'électrolyte s'écoule dans un tube par un orifice en mince paroi (principe de Torricelli).

Pour obtenir des raies bien nettes, l'électrolyte (potasse ou soude) doit avoir une concentration comprise entre 1 et 4 pour 100. L'intensité du courant peut varier de 1 à 3 ampères.

Les électrodes sont constituées par deux fils d'argent de 1^{mm} de diamètre. Des traits gravés servent de repères entre lesquels le nombre de bandes

noires est compté. Pour diminuer l'erreur relative il faut compter le plus de bandes possible. Avec 25 raies par électrode, on fait baisser l'erreur à moins de 1 pour 100.

L'appareil est étalonné avec un courant de fréquence bien connue, ce qui donne un facteur qu'il suffira de multiplier dans les expériences ultérieures par le total des raies pour avoir la fréquence.

Ce fréquencemètre est d'une réalisation très facile avec le matériel courant du laboratoire et ne nécessite qu'une science rudimentaire du travail du verre.

Des mesures ont été faites avec une commutatrice donnant des fréquences allant de 20 à 75 périodes par seconde.

Les résultats ont été pleinement satisfaisants et permettent de penser qu'il est possible de mesurer des fréquences pouvant dépasser 100,

En résumé il est facile d'enregistrer en fonction du temps les deux phénomènes chimiques inverses (par exemple oxydation et réduction) qui se produisent à la surface d'électrodes pendant une électrolyse en courant alternatif.

Le nombre de changements de sens du phénomène est le double du nombre de périodes.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Recherches sur les rayons X de grande longueur d'onde.* Note (¹) de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Des rayons X de grande longueur d'onde, faisant suite aux radiations ultraviolettes, ont été successivement étudiés et mesurés par Dember (1913), J.-J. Thomson (1914), Dadourian (1919), Wehnelt et Treukle, Widdington, Debienne et Holweck, Mlle Laird (1915-1920), et enfin plus récemment encore par L.-M. Reboul.

Ces rayons X de grande longueur d'onde, ou rayons X très mous, sont compris entre $\lambda = 750\,\text{Å}$ et $\lambda = 12\,\text{Å}$.

Nous croyons devoir rappeler, à ce sujet, que des observations antérieures furent faites par nous, sur ces radiations, au Laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne, en mars 1901 (²).

(¹) Séance du 15 décembre 1924.

(²) *Production directe des rayons X dans l'air* (*Comptes rendus*, t. **132**, 1901, p. 770-772).

Dans cette Note, étaient relatés les faits suivants :

« L'expérience m'a démontré que les rayons X peuvent être produits directement dans l'air et en dehors du vide de Crookes; des rayons X prennent naissance sous l'influence simultanée des radiations ultraviolettes et d'un champ électrique.

» L'activité des rayons X émis est fonction : de l'intensité du champ électrique, de l'intensité des radiations ultraviolettes, de la longueur d'onde de celles-ci, et enfin de la nature des substances à la surface desquelles ils prennent naissance. »

Il fut reconnu dans ces recherches, ainsi qu'il en est fait mention dans la Note, que ces rayons X particuliers possédaient les propriétés essentielles des rayons X, mais qu'ils subissaient une forte absorption par leur passage à travers une feuille mince d'aluminium, contrairement à ce qui a lieu avec les rayons X ordinaires.

Dans une autre Note (1) présentée à l'Académie l'année suivante, il était dit : « Lorsque des radiations lumineuses ou ultraviolettes sont projetées sur une lame conductrice mince, elles donnent naissance sur la face non éclairée de cette lame à des radiations analogues aux rayons X. » Ces radiations, présentant des propriétés analogues aux rayons X, furent désignées par nous sous le nom de rayons radioactiniques.

En avril 1908, dans d'autres recherches sur la radioactivité temporaire faites au laboratoire de Mascart, au Collège de France (2), nous signalions que sous l'influence de rayons X très mous, produits à la surface d'un métal, sous la double action de radiations ultraviolettes et d'un champ électrostatique négatif, on obtenait une véritable radioactivité temporaire, qui était proportionnelle aux nombres atomiques des métaux, allant en croissant, depuis le lithium jusqu'à l'uranium, en passant par l'aluminium, le fer et le plomb. Il résulte de l'ensemble de ces recherches, faites à la Sorbonne et au Collège de France, de 1901 à 1908, que les rayons X à longue longueur d'onde avaient été signalés par nous, dès l'année 1901, ainsi qu'un certain nombre de leurs principales propriétés. Les premières mesures qui aient été faites sur leur longueur d'onde, par Dember, datent réellement de l'année 1913.

---

(1) *Recherches sur les phénomènes actino-électriques* (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 1491).

(2) *Étude sur les phénomènes radiochimiques* (*Électricien*, 23e année, 2e série, t. 25, 1903, p. 374-375). — *Étude sur les phénomènes radiochimiques* (*Cosmos*, nouv. série, n° 959, 1903, p. 752-756). — *Recherches sur la radioactivité temporaire* (*Cosmos*, nouv. série, n° 1211, 1908, p. 406-410).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur l'obtention des diagrammes de Laue au moyen de rayons X monochromatiques et sur la structure de la nacre.* Note de M. **J.-H. Shaxby**, présentée par M. M. de Broglie.

Comme on le sait, les diagrammes de Laue sont habituellement produits au moyen d'un spectre Röntgen continu. Les taches sont alors produites par diverses longueurs d'ondes, ce qui complique l'interprétation du cliché, par suite de l'introduction d'une seconde inconnue, la première étant l'architecture du cristal. Si, au contraire, on utilise des rayons X monochromatiques, les taches apparaissent moins nombreuses (¹). Si le cristal est assez transparent par rapport aux rayons K de l'anticathode, seuls habituellement employés, le spectre continu joue un rôle négligeable si la tension n'est pas trop élevée. Si, au contraire, l'action filtrante du cristal est prépondérante et la tension élevée, la longueur d'onde effective est plus courte que les rayons K de l'anticathode et la même figure peut être obtenue avec, par exemple, des anticathodes d'argent et de tantale fonctionnant sous 40 kilovolts. Cette longueur d'onde effective peut être observée au spectrographe ou calculée au moyen des coefficients connus d'absorption.

J'ai réalisé expérimentalement ces conditions avec l'appareil à tension constante et le tube en quartz décrits par M. A. Dauvillier (²). Ce tube d'un diamètre de 5^{cm} était muni d'une anticathode d'argent et alimenté sous 40 kilovolts. Un faisceau étroit de rayons X issu du collimateur tubulaire interne traversait la fenêtre transparente et un second diaphragme de plomb sur lequel était appliqué le cristal. Les rayons transmis impressionnaient une plaque photographique doublée d'un écran renforçateur. Avec un courant d'une vingtaine de milliampères et un cristal d'un centimètre d'épaisseur les poses durent environ 4 heures.

J'ai ainsi examiné la structure de la nacre et interprété les figures signalées par M. Dauvillier (³). Lorsque les rayons se propagent normalement aux feuillets il apparaît 6 taches diffuses indiquant une symétrie

---

(¹) En général ces taches sont fort peu nombreuses et ceci limite l'utilisation de la méthode. Dans le cas de la nacre les taches sont nombreuses parce que le maclage particulier de l'aragonite fournit une variation suffisante de l'orientation des plans atomiques sans qu'il en résulte une hétérogénéité qui confondrait les taches.

(²) *Journal de Physique*, t. 3, mai 1922, p. 154.

(³) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 819.

quasi hexagonale des atomes dans les plans de stratification. Dans la direction parallèle à ces plans on obtient un diagramme indiquant un assemblage rectangulaire.

Le constituant minéral de la nacre serait l'aragonite dont la structure a été étudiée *a priori* par Huggins (¹) et expérimentalement par W. L. Bragg (²).

Celui-ci a classé l'aragonite comme holosymétrique du système orthorhombique avec des axes fondamentaux *a*, *b*, *c* mesurant 4,94 A, 7,94 A et 5,72 A, *c* est l'axe de symétrie pseudo-hexagonale et l'unité de structure contient 4 ($CaCO^3$).

Huggins a trouvé un arrangement tout à fait différent pour les groupes CO^3 par rapport aux atomes de Ca et une plus petite unité ne renfermant que 2 ($CaCO^3$). Les mesures que j'ai faites confirment entièrement celles de Bragg.

J'ai donc démontré que la partie minérale de la nacre consiste en cristaux d'aragonite, dont l'axe quasi hexagonal est normal aux feuillets.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre des lignes de l'azote.* Note de M. F. Croze, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre de lignes que l'on obtient en faisant éclater une étincelle dans une atmosphère d'azote est émis en partie par l'atome d'azote à l'état neutre (³), en partie par l'atome ionisé une ou deux fois (⁴). L'objet de cette Note est de montrer que la structure de l'ensemble de ce spectre est conforme à la loi de l'alternance des multiplicités.

On savait déjà que les spectres de l'atome neutre (N) et de l'atome ionisé deux fois (N^{++}) apparaissent formés par des combinaisons entre des termes de multiplicité paire, comme le veut la règle d'alternance. D'une part, en effet, les observations de Lyman (⁵) sur la partie ultraviolette du spectre de l'atome neutre ont mis en évidence des *doublets* de même largeur. Dans le spectre de l'atome ionisé deux fois (N^{++}) Fowler (⁴) a signalé d'autre part trois doublets qu'il attribue respectivement à une série princi-

(¹) *Phys. Rev.*, t. 19, 1922, p. 354.
(²) *Proc. Roy. Soc.*, A, t. 105, 1924, p. 16.
(³) G. A. Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1086.
(⁴) A. Fowler, *Report on series in line spectra*. Londres, 1922, p. 166.
(⁵) Th. Lyman, *L'ultraviolet* (traduction Rivière), Paris, 1924, p. 136.

pale, à une série fine et à une série diffuse de doublets. Les mesures de l'effet Zeeman que nous avons publiées en 1914 [1] confirment ces attributions; elles mettent de plus en évidence des décompositions de raies caractéristiques des combinaisons de type $s^4 p^2$ entre des termes doubles (p^2) et des termes quadruples (s^4).

Jusqu'ici cependant le spectre de l'atome ionisé une fois (N^+) n'avait jamais été résolu en groupes de raies analogues à ceux qu'on rencontre dans les séries. Nos mesures de l'effet Zeeman permettent de montrer que ce spectre est formé, comme le veut la règle d'alternance, de combinaisons entre des termes de multiplicité impaire. Les relevés publiés jusqu'ici sont malheureusement trop incomplets et trop peu précis en beaucoup de

I. — *Multiplet pp'*.

i.....	8		4			
λ.....	4630,551		4601,490			p'_1
ν.....	21589,68	136,34	21726,02			
	58,38		58,35			$\Delta p'_{12}$
i.....	4		2		3	
λ.....	4643,106		4613,884		4607,157	p'_2
ν.....	21531,30	136,37	21667,67	31.58	21699,25	
			35,27			$\Delta p'_{23}$
i.....			3			
λ.....			4621,405			p'_3
ν.....			21632,40			
	p_1	Δp_{12}	p_2	Δp_{23}	p_3	

II. — *Multiplet pd*.

i.....	6					
λ.....	5679,52					d_1
ν.....	17602,25					
	96,15					Δd_{12}
i.....	4		5			
λ.....	5710,70		5666,54			d_2
ν.....	17506,1	136,5	17642,6			
	60,3		60,85			Δd_{23}
i.....	1		4		4	
λ.....	5730,46		5686,14		5676,06	d_3
ν.....	17445,8	135,95	17581,75	31,25	17613,0	
	p_1	Δp_{12}	p_2	Δp_{23}	p_3	

(1) F. Croze, *Ann. de Phys.*, t. 1, 1914, p. 37.

III. — *Multiplet $p'd'$.*

i.....	5					
λ.....	5941,49					d'_1
ν.....	16826,15					
	30,25					$\Delta d'_{12}$
i.....	3		4			
λ.....	5952,20		5931,50			d'_2
ν.....	16795,9	58,5	16854,4			
			24,7			$\Delta d'_{23}$
i.....			2		3	
λ.....	Raie faible		5940,22		5927,57	d'_3
ν.....	non encore observée		16829,7	36,0	16825,7	
	p'_1	$\Delta p'_{12}$	p'_2	$\Delta p'_{23}$	p'_2	

IV. — *Multiplet dd'.*

6		1			
4803,20		4781,20			d'_1
20813,6	95,8	20909,4			
30,2		30,2			$\Delta d'_{12}$
3		5		3	
4810,20		4788,13		4774,23	d'_2
20783,4	95,8	20879,2	60,8	20940,0	
		24,0		24,15	$\Delta d'_{12}$
		3		4	
		4793,64		4779,73	d'_3
		20855,2	60,65	20915,85	
d_1	Δd_{12}	d_2	Δd_{23}	d_3	

régions pour qu'il soit possible de donner dès à présent le dispositif complet de la structure du spectre : ils permettent cependant de mettre en évidence l'existence de séries de raies simples et de *trois* systèmes de termes de multiplicité *triple* décelés par la présence de multiplets des types ps, pd, df, pp', dd', $p'd'$, $p'p''$, $p''s$. Les traits caractéristiques de la structure du spectre apparaissent dans l'ensemble formé par les quatre multiplets pp', dd', pd, $p'd'$ décrits dans les tableaux ci-dessus.

On remarquera que les rapports des intervalles $\frac{\Delta\nu_{12}}{\Delta\nu_{23}}$ sont conformes aux règles générales pour ce qui concerne les termes d et d', qu'ils s'en écartent de plus en plus quand on passe des termes p' aux termes p. C'est ce qui fait que les multiplets $p'd'$ et surtout pd ont une structure très différente de celle des triplets complexes des séries diffuses des spectres appartenant aux corps de la colonne II du Tableau périodique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de composés acétyléniques vrais à partir des dérivés magnésiens mixtes de l'acétylène.* Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

Lorsque Jocitsch eut découvert le déplacement des groupes R dans les magnésiens RMgBr par un radical provenant de l'acétylène, il signala que le produit de cette action attaqué par le trioxyméthylène, ou par deux cétones, lui avait fourni non seulement des glycols, mais aussi une certaine quantité d'alcools acétyléniques vrais. Récemment Salkind est arrivé à un résultat analogue en utilisant l'acétophénone. D'après les chimistes russes, de tels faits seraient dus à la présence d'un dérivé monomagnésien

$$CH \equiv CMgBr$$

mêlé au dérivé dimagnésien. Ils indiquent même que le premier se formerait presque exclusivement si dans un mélange de magnésium et d'éther maintenu bouillant, traversé par un courant d'acétylène, on faisait tomber progressivement du bromure de phényle.

Sans émettre d'avis sur ce mode opératoire que je n'ai pas eu occasion d'essayer, je pense que la production de composés acétyléniques vrais dans les réactions magnésiennes doit être souvent attribuée à l'attaque d'une seule fonction d'un dérivé dimagnésien de l'acétylène. Et voici trois faits personnels qui militent en faveur de cette opinion :

1° Par addition de bromure d'éthyle on dissout à froid du magnésium dans de l'éther; ceci fait on envoie dans la solution de l'acétylène jusqu'à ce que la couche inférieure, qui apparaît au bout de quelque temps, ne semble plus augmenter. Ayant fait simultanément deux préparations de ce genre, dans la première on introduit une molécule d'aldéhyde chlorée par atome de magnésium dissous, dans la seconde une demi-molécule seulement. On abandonne quelques jours puis on ajoute de l'eau acidulée et l'on extrait à l'éther. Ce solvant chassé il reste dans le premier cas un brai ne donnant rien dans le vide de la trompe à eau avant 170°, température à laquelle il se produit une décomposition explosive. Ce brai est formé en grande partie [1] par le glycol $CH^2Cl.CHOH.C \equiv C.CHOH.CH^2Cl$.

Le résidu de la seconde opération n'est plus un brai, mais un goudron

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1924, p. 1367.

qui, par distillation dans le vide, fournit un liquide et un brai résiduel identique au précédent. Le liquide est l'alcool $CH \equiv C.CHOH.CH^2Cl$, bouillant à 60° sous 12^{mm}, de densité 1,171 et d'indice 1,475 à 21°, d'où une réfraction moléculaire 25,13 (théorie : 25,09); poids moléculaire par cryscopie acétique 106. Cet alcool précipite le nitrate d'argent alcoolique, et après dissolution dans l'eau le chlorure cuivreux ammoniacal.

En remplaçant l'aldéhyde chlorée par le chlorure d'acroléine on obtient d'une façon analogue l'alcool $CH \equiv C.CHOH.CHCl.CH^2Cl$, bouillant à 91° sous 12^{mm}, de densité 1,306 et d'indice 1,500 à 23°; d'où une réfraction moléculaire 34,45 (théorie : 34,64), précipitant les réactifs voulus. (Cet alcool distillé, il reste un brai d'où l'on peut extraire un corps cristallisable.)

2° L'éther chlorométhylique agissant sur une solution dans laquelle du bipropargyle est resté 48 heures en contact avec plus de deux molécules de bromure d'éthyle magnésium fournit à la fois l'éther diméthylique d'un glycol en C^8, et l'éther $CH \equiv C.(CH^2)^2.C \equiv C.CH^2OCH^3$. Ici l'éther chlorométhylique n'a pas manqué, mais la masse s'empâte vite, le contact devient rapidement défectueux et l'effet reste le même.

3° Dans l'action du magnésien mixte du bromure de pentaméthylène sur le propylène-2.3 dibromé il se fait une quantité notable du corps

$$CH^3.(CH^2)^5.CBr = CH^2 \text{ (1)}$$

et l'on ne saurait attribuer sa production à un dérivé monomagnésien du bromure de pentaméthylène, car ce dernier fournirait non le composé précédent, mais un autre plus bromé $CH^2Br.(CH^2)^5.CBr = CH^2$, qui n'a d'ailleurs pas été rencontré. (On a vérifié depuis que le bromure employé ne contient pas de bromure d'amyle.)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constante d'hydrolyse du sucre.* Note de M. **H. Colin** et de Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Jusqu'à ces dernières années, on admettait que la réaction d'hydrolyse du sucre par les acides étendus obéissait rigoureusement à la loi d'action de masse, autrement dit que le rapport de la vitesse d'hydrolyse à la quantité

(1) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1565.

de saccharose non transformé était indépendant de la concentration en sucre, a.

Cependant, on (¹) avait déjà mis en doute l'exacte proportionnalité de la vitesse initiale au poids de saccharose. Tout récemment, cette objection vient d'être reprise : les auteurs anglais Moran et Lewis (²) estiment que le quotient $k = \frac{\frac{dx}{dt}}{a - x}$ croît du simple au double (de 1,21 à 2,30) lorsque a augmente de 1 à 70^g pour 100, les conditions expérimentales étant les suivantes : $HCl = \frac{N}{10}$, température = 25°. Ils observent de plus que la constante d'hydrolyse ne varie plus sensiblement lorsqu'on la multiplie par le rapport $\frac{V - v}{V}$, V représentant le volume de la solution et v celui du saccharose dissous, ce qui revient à substituer à la concentration telle qu'on l'envisage habituellement l'activité, c'est-à-dire la concentration rapportée au volume d'eau libre.

Laissant de côté, pour l'instant, l'interprétation du phénomène, nous avons effectué un grand nombre de mesures en vue de déterminer l'influence de la teneur en sucre sur la vitesse d'hydrolyse, limitant, pour plus de sûreté, nos expériences aux concentrations comprises entre 5 et 40 pour 100. L'hydrolyse était suivie au polarimètre, l'inversion s'accomplissant dans le tube lui-même; la précision des mesures était sensiblement augmentée par l'emploi de la lumière verte de la lampe à mercure ($\lambda = 5461$) remplaçant la lumière jaune du sodium ($\lambda = 5890$). Il importait peu que la température changeât au cours de la réaction, du moment que les différentes solutions étaient placées dans des conditions rigoureusement identiques; la seule précaution indispensable, imposée par la présence du lévulose, était d'effectuer toutes les lectures à la même température. Dans l'expérience suivante, nous avons tout d'abord maintenu la température fixe (25°) — ne fût-ce que pour vérifier que, dans ces conditions, k reste constant pour chaque valeur de a — puis nous l'avons laissée descendre jusqu'à 22°. L'acide employé était SO^4H^2 environ décinormal.

(¹) Cohen, *Zeitschr. physik. Chem.*, t. 23, 1897, p. 412.

(²) Th. Moran et W.-C. Mc Cullagh Lewis, *Journ. of Chem. Soc.*, t. **121**, 1922, p. 1613-1624.

$$k = \frac{1}{t} \operatorname{Log} \frac{a}{a-x}.$$

Temps en heures.	$a = 5\,^0/_0$.	$a = 10\,^0/_0$.	$a = 20\,^0/_0$.	$a = 40\,^0/_0$.	$k_{40} - k_5$.
(*) 2,5	0,0396	0,0422	0,0458	0,0524	0,0128
5	0,0395	0,0416	0,0454	0,0522	0,0127
7,5	0,0391	0,0418	0,0458	0,0519	0,0128
10	0,0393	0,0416	0,0455	0,0520	0,0127
...	...	...	...	...	...
32	0,0321	0,0336	0,0374	0,0423	0,0102
49	0,0324	0,0342	0,0381	0,0430	0,0106
62	0,0326	0,0346	0,0390	0,0436	0,0110

(*) Température constante = 25°.

Il est donc parfaitement exact que la vitesse d'hydrolyse croît plus vite que la concentration du sucre; mais, tandis que les auteurs anglais trouvent, pour le rapport $\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$, la valeur 0,424, nous n'obtenons que 0,32 dans l'expérience précédente. Ils opéraient, il est vrai, avec HCl à $\frac{N}{10}$; ne serait-ce pas là l'origine des divergences entre leurs résultats et les nôtres? Pour nous en assurer, nous avons substitué à l'acide sulfurique d'autres acides, HCl, HBr, CCl^3COOH, COOH — COOH, HCOOH, CH^3COOH, et nous avons déterminé, pour chacun d'eux, la valeur du rapport $\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$. Voici les résultats :

	$\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$.
HCl	0,55
HCl + KCl	0,46
HBr	0,47
CCl^3COOH	0,33
SO^4H^2	0,32
COOH — COOH	0,20
HCOOH	0,17
CH^3COOH	0,00

L'accroissement de la vitesse d'hydrolyse avec la concentration du sucre dépend donc du catalyseur employé; le rapport $\frac{k_{40} - k_5}{k_5}$ est d'autant plus faible que l'acide est moins dissocié. Il en résulte que l'interprétation de Moran et Lewis est dépourvue de portée générale. Le phénomène déjà si complexe de l'hydrolyse du sucre par les acides étendus se complique ainsi d'une difficulté nouvelle.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation des cristaux d'iodure d'ammonium par la muscovite.* Note de M. **Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

L'orientation des cristaux d'iodure d'ammonium sur une lame de clivage de muscovite a été signalée par M. Gaubert[1], qui a observé une orientation identique à celle décrite précédemment par plusieurs auteurs dans le cas des halogénures de potassium. En reprenant les essais d'orientation de divers sels alcalins sur la muscovite, nous avons été conduit à faire quelques constatations nouvelles. L'iodure de rubidium, tout comme les iodures de potassium et d'ammonium, fournit également des accolements réguliers sur le mica.

Pour obtenir une orientation aussi complète que possible, nous opérons de la manière suivante : nous préparons une solution de sel concentrée à chaud ; ensuite nous étalons rapidement au moyen d'une baguette de verre une goutte de cette solution sur une lamelle fraîchement clivée de mica. Par suite de la différence de température entre la feuille de mica et la solution concentrée, on obtient une cristallisation presque instantanée dès que la solution entre en contact avec le mica. Tous les cristaux se forment au contact du mica et subissent son action orientante ; on évite ainsi une précipitation partielle de cristaux dans la solution même au cours de l'évaporation. C'est ainsi que dans les cas des iodures de potassium, de rubidium et d'ammonium, corps pour lesquels le pouvoir orientant du mica est le plus grand, nous avons réalisé une orientation parfaite de la totalité des cristaux.

Contrairement aux indications de M. Mügge[2] et de M. Gaubert[1], les cristaux orientés que nous avons observés étaient toujours des cubes et non des octaèdres, comme on peut s'en rendre facilement compte en faisant croître des cristaux d'iodure d'ammonium ou de potassium orientés sur le mica. On obtient aisément des cristaux de 5^{mm} à 8^{mm} de grandeur ne montrant que le cube comme forme cristalline. Aussi bien sur le verre que sur le mica ces iodures cristallisent en cube ; la nature du support est sans aucune influence sur la forme cristalline résultante ; elle n'intervient que dans l'orientation de cette forme.

---

(1) Gaubert, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 856.

(2) Mügge, *Neues Jahrbuch für Mineral., Geol. u. Palæont.*, Blg. Bd 16, 1903, p. 369.

Ces cubes sont orientés de telle manière qu'un de leurs axes ternaires est normal à la lame de mica et que les trois diagonales des faces du cube parallèles à cette lame sont parallèles aux trois branches des figures de choc. Ils apparaissent donc sur le mica, surtout quand ils sont petits, en forme de triangles; l'un des côtés de ces triangles étant parallèle à la trace du plan de symétrie g^1 (010) du mica. En plaçant cette trace de g^1 parallèlement au fil horizontal du réticule, l'orientation des cristaux donne lieu à deux figures triangulaires possibles; deux sommets des triangles seront dans les deux cas toujours sur une ligne parallèle au fil horizontal; le troisième sommet sera tantôt dirigé vers le haut, tantôt vers le bas. On observe indifféremment ces deux positions en proportion quelconque avec l'iodure de potassium. Avec l'iodure de rubidium il peut y avoir une prédominance marquée pour l'une de ces deux orientations possibles.

Dans le cas de l'iodure d'ammonium on arrive à une orientation tout à fait sélective; tous les triangles ont sans exception leur troisième sommet dirigé uniquement vers le haut ou uniquement vers le bas. Seule une lame fraîchement clivée absolument propre fournit une orientation unique de tous les cristaux. En recommençant l'expérience sur une lame qui a déjà servi une fois, on retrouve la même orientation que dans le premier cas, mais le phénomène n'est plus aussi exclusif que sur une lamelle fraîche. Ce fait que sur une lame on observe uniquement une seule des deux orientations possibles est incompatible avec l'existence du prétendu plan de symétrie g^1 (010) du mica et de l'axe de symétrie perpendiculaire à g^1.

En réalisant par des clivages successifs une sorte d'escalier à plusieurs marches sur une lame de mica on observe, quant à l'orientation des cristaux sur les marches successives, deux cas; tantôt l'orientation est la même sur les deux marches, tantôt elle y est différente, et les triangles de l'une sont tournés de 180° par rapport à ceux de l'autre. On est donc amené à conclure que la muscovite, réellement anorthique, se compose d'un empilement de lamelles de deux sortes, tournées de 180° les unes par rapport aux autres autour de la normale à g^1 ou, ce qui revient au même, symétriques les unes des autres par rapport à g^1.

En résumé, cette étude expérimentale nous conduit à admettre comme seul élément de symétrie dans la muscovite un centre de symétrie, et à la considérer comme formée par un empilement de lamelles p finement maclées entre elles par rotation de 180° autour d'une droite perpendiculaire au plan g^1.

La muscovite est donc anorthique et n'acquiert que par suite de macles répétées une symétrie d'ensemble monoclinique.

Les figures de corrosion que nous avons obtenues avec les dissolvants les plus divers et dans des conditions variées feraient toujours conclure à une symétrie monoclinique vraie. Nous possédons donc dans l'étude des accolements réguliers un moyen d'investigation qui dans certains cas peut être plus sensible que celui fourni par d'autres propriétés physiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la région granitique de Millevache.* Note de M. G. **Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

La région qui fait l'objet de cette Note forme comme une enclave, ou une fenêtre, entre les schistes cristallins acides et basiques du Limousin et les granites à biotite de la Creuse. Elle est comprise entre la fracture d'Argentat et une autre ligne de fracture, moins accusée au sud de Felletin (jalonnée par les bassins houillers de Saint-Michel-de-Vaisse et de Lapleau), qui la sépare du massif des granites de Guéret, et des gneiss à cordiérite d'Aubusson, encerclant ces granites (¹).

Le Verrier, qui a étudié, sur la feuille de Limoges, la région en question, l'a considérée comme occupée par un granite fondamental, à grands cristaux de feldspath se détachant sur un magma riche en mica noir, granite auquel seraient superposées sur les hauteurs, des granulites qui en forment la croûte ou le couronnement. M. De Launay, qui a eu affaire au même granite sur les feuilles de Guéret, d'Aubusson et d'Ussel, remarquant que ce terrain comprend des enclaves schisteuses, le considère comme provenant de la pénétration incomplète d'une granulite dans un terrain schisteux, d'où la notation $\gamma, \varkappa$ qui est attribuée au terrain plutôt qu'à la roche. C'est d'ailleurs la granulite qui occupe le niveau le plus élevé de la région, niveau connu sous le nom de *Plateau de Millevache*, *stricto sensu*.

D'après mes récentes explorations, la région ici considérée ne possède pas une véritable unité géologique et se compose de terrains de divers âges. *Elle se divise en deux massifs entièrement distincts, appartenant à des*

(¹) *Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 1822; t. **169**, 1919, p. 980; t. **174**, 1922, p. 553; t. **179**, 1924, p. 1176. — Voir aussi *Bull. Serv. de la Carte géol.*, nos **10**, **72**, **140**, **143**, **146** et **151**.

formations différentes, *et n'ayant entre elles d'autre rapport que celui d'une simple juxtaposition amenée par des mouvements de l'écorce terrestre*. Quant aux granulites, elles datent d'au moins deux époques, et loin de constituer des nappes ou une enveloppe extérieure de la masse granitique fondamentale, elles se sont développées à l'intérieur de cette masse déjà consolidée. Leur mise au jour ne résulte donc que du phénomène de la dénudation, mais nullement d'un fait de superposition.

Le massif occidental n'est autre que la *chaîne granulitique de Corrèze*, sans traces de granite à grands cristaux, et qui, large d'environ 10^{km}, s'étend du nord-nord-ouest au sud-sud-est, sur une longueur de 125^{km}, entre Saint-Junien-la-Brégère (Creuse) et Maurs (Cantal). Elle est composée comme sa sœur, la chaîne granulitique du Limousin, uniquement de granites à grain moyen, parfois gneissiques, souvent très riches en mica blanc (granulite) et passant par places à des granites à deux micas, surtout dans la région d'Eymoutiers, ou même à des granites à mica noir, d'un type différent de celui, moins acide, des granites de Guéret. La montagne des Monédières, dans la région de Treignac, appartient à cette chaîne.

Le massif oriental, que j'ai déjà nommé le *Massif de Millevache*, parce qu'il porte, dans ses hautes altitudes (850 à 950^{m}), le Plateau de Millevache, est constitué par un granite ancien, souvent à gros grain, riche en mica noir et presque toujours chargé de grands cristaux de feldspath, parfois régulièrement alignés. Il a été d'abord signalé et décrit par Fouqué sur la feuille de Mauriac. C'est ce granite qui, en raison de fréquentes inclusions schisteuses, sur l'origine desquelles je ne puis encore me prononcer, a été décrit et figuré par M. De Launay comme provenant de la granulitisation incomplète de schistes anciens.

Le massif de ces granites porphyroïdes se sépare très nettement de la chaîne granulitique corrézienne, et Mallard, sur son excellente carte de la Haute-Vienne, avait déjà amorcé exactement cette séparation entre Saint-Junien-la-Brégère et Neddes. *La limite des deux formations a les caractères d'une ligne de fracture*. De direction régulière, presque rectiligne, elle est à peu près parallèle à la ligne de fracture d'Argentat.

Elle occupe ainsi, par rapport au méridien, une position symétrique de celle du grand chenal houiller. Elle est jalonnée, au sud de Viam (Corrèze), par une mince couche schisteuse, dans laquelle j'ai recueilli, en différents points, des échantillons de roches écrasées, et qui se relie vers le Sud au massif schisteux du canton de Lapleau. J'ai suivi la limite en question depuis les

environs de Saint-Junien-la-Brégère, où elle se détache de la fracture d'Argentat, jusqu'au grand filon de quartz qui la jalonne près d'Auriac (Corrèze). Elle se poursuit, sans doute plus loin, pour aboutir au grand chenal houiller, vers la Roquebrou (Cantal).

Le granite porphyroïde fondamental ne constitue pas, actuellement, la totalité du Massif de Millevache. Il a été envahi sur une grande étendue par la granulite, ainsi qu'il résulte des études de M. De Launay sur les feuilles d'Aubusson et d'Ussel. Cette granulite, qui occupe une partie du Plateau de Millevache, s'étend aussi, d'après nos propres explorations, sur la feuille de Mauriac [1], où elle a été méconnue par Fouqué. Au sud de Murat, sur 10^{km}, elle longe la chaîne corrézienne dont elle reste cependant séparée par une mince épaisseur de schistes et de granite porphyroïde. De Saint-Hilaire, près Pontarion, à sa limite extrême au Sud-Est (Darnet, près Égletons), sa longueur est de 70^{km}.

Des granulites ont aussi envahi en partie, sur la feuille de Limoges, le granite porphyroïde fondamental. Ce sont ces granulites que Le Verrier a assimilées plus spécialement à une enveloppe extérieure du granite. Or, ainsi qu'il est facile de le constater, en remontant, par exemple, la vallée de la Vienne au delà de Neddes, la granulite, au lieu de former des nappes couronnant les faîtes, constitue de petites chaînes très saillantes, orientées nord-sud, et qui se suivent sur de grandes longueurs, sans aucune discontinuité. Ce sont, en réalité, des sortes de grands filons, de 3 à 4^{km} d'épaisseur, développés aux dépens du granite, et se poursuivant en profondeur.

Les chaînes en question sont au nombre de trois. L'une d'elles est isolée et s'allonge de Royère jusque près de Pontarion. Les deux autres se rattachent à la chaîne corrézienne, en ce sens qu'elles y pénètrent, en interrompant la limite, si régulière, de cette chaîne, et du granite porphyroïde. Bien que je n'ai pas eu le temps de poursuivre les chaînes secondaires dans l'intérieur de la chaîne corrézienne, je n'hésite pas à croire qu'elle sont de formations plus récentes que cette dernière chaîne. Il existe aussi un chaînon transversal, constitué par cette granulite récente, chaînon situé au sud de Rempnat (Haute-Vienne); il occupe le faîte élevé qui sépare le bassin de la Vienne de celui de la Corrèze, et il unit, en apparence, la granulite corrézienne à celle du Plateau de Millevache.

Telle est la structure de la région comprise entre les deux grandes lignes

---

(1) Elle figure aussi sur la carte au $\frac{1}{1000000}$, deuxième édition.

de fracture qui se réunissent au Nord, à Janaillat (¹), région divisée elle-même par une troisième ligne en deux compartiments, l'un prolongeant au Nord la granulite corrézienne, l'autre formant un massif de granite porphyroïde envahi en partie par des granulites récentes, le Massif de Millevache.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'audition des ondes d'explosion à grande distance.* Note (²) de M. **Maurice Collignon**, présentée par M. Bigourdan.

Au cours des expériences de la Courtine, en mai 1924, MM. Deslandres, Perot et leurs collaborateurs à Meudon, et M. Dufour à Paris, ont enregistré des ondes dont la période était de l'ordre une seconde (³). M. Dufour envisage la formation de l'onde audible au sein de l'infrà-son. C'est cette hypothèse que j'ai essayé de vérifier pendant la guerre à la suite d'un article suggestif de M. Bigourdan (⁴) et de l'observation suivante qui me surprit profondément :

Le 9 juillet 1916, à $3^h 35^m$, ayant quitté Louviers, à 25^m d'altitude, une zone de très forte audition, j'entrai dans une zone de silence absolu à $3^h 45^m$, à 2200^m Nord de Louviers et à 31^m d'altitude par très beau temps, vent SW nul et nébulosité nulle. Je parcourus, vers le front, 45^{km} au NE, en vallée et sur le vaste plateau du Vexin ; cette zone de silence persista jusqu'au soir, sauf entre 15 et 16^h dans une haute futaie. Beau temps et léger vent SW. Pendant toute la journée on entendit fortement le canon à Louviers.

Comme suite à l'hypothèse ci-dessus, si l'on entend seulement les harmoniques de l'onde fondamentale, c'est dans des conditions très complexes dont voici un aperçu :

La *périodicité annuelle* de l'audition que je constatai de 1915 à 1918 à Louviers, à 120^{km} minimum du front et qui a fait l'objet de deux Notes antérieures (⁵) est la caractéristique la plus importante du phénomène.

Il s'y ajoute une *périodicité journalière* qui consiste dans le renforcement souvent très grand de l'audition pendant les 21ᵉ et 22ᵉ heures, dans la

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1176.
(²) Séance du 1ᵉʳ décembre 1924.
(³) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1741 et 1864.
(⁴) *Science et Vie*, nº 28, septembre 1916, p. 214.
(⁵) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 333, et t. 172, 1921, p. 213.

limite de mes observations forcément discontinues. J'ai rarement observé de 23^h à 4^h.

Une autre périodicité, à laquelle il est fait allusion dans ma Note de 1921, consiste en une *résonance rythmique* en fonction du temps et aussi le plus souvent de l'intensité; elle durait tantôt quelques minutes, tantôt quelques heures, tantôt deux ou trois jours; elle variait considérablement suivant le lieu d'observation.

L'audition m'a paru diminuer et souvent la longueur d'onde augmenter quand la hauteur au-dessus du sol augmentait elle-même. J'ai fait de nombreuses comparaisons en 1917 et 1918, notamment à 1^m, à 15^m et à 32^m au-dessus du sol de la vallée. La moyenne des rapports $\frac{\text{audit. } 1^m}{\text{audit. } 32^m}$, en 1917, fut 16,3 pour $\frac{N}{N'}$ (N, moyenne-minute du nombre des détonations) et 54 pour $\frac{I}{I'}$ (I moyenne-minutes des intensités). En 1918, moyennes $\frac{N'}{N} = 4,4$ et $\frac{I'}{I} = 8,7$. Des moyennes semblables calculées à 15^m de hauteur donnent $\frac{N}{N'} = 78$ en 1917 et 46 en 1918; $\frac{I}{I'} = 239$ en 1917 et 99 en 1918.

Le rapport $\frac{\text{audit. } 1^m}{\text{audit. } 32^m}$ doit être soumis à une correction en raison d'un phénomène de réflexion et de résonance au point (1^m), phénomène qui multiplia N 6,9 fois et I 8,05 fois en 1917. Je n'ai pas les chiffres de 1918. Pour le rapport $\frac{\text{audit. } 1^m}{\text{audit. } 15^m}$, une seconde correction doit être faite par suite d'une antirésonance particulière au point (15^m). Cette antirésonance diminuait le son par l'effet de la discordance entre les dimensions des perturbations audibles et celle de l'ouverture dans laquelle j'observais sans obstacle interposé. La correction applicable à toute ouverture, telle qu'une fenêtre, fut de l'ordre $\frac{N}{16\,N'}$ et $\frac{I}{23\,I'}$ pour 1917.

L'audition se trouve compliquée si l'on fait intervenir une troisième valeur Γ, *hauteur du son* évaluée à l'oreille. Γ varia par rapport à I suivant le jour et l'heure, suivant le lieu d'observation et son ambiance, vraisemblablement aussi suivant l'intensité de la canonnade. En faisant par convention $\Gamma = I$ pour un point type d'observation j'eus $\Gamma > I$ dans l'embrasure d'une fenêtre et $\Gamma \gtrless I$ à 15^m, à 29^m et à 32^m au-dessus du sol de la vallée suivant diverses considérations dans lesquelles il serait trop long d'entrer ici.

Autre modalité du phénomène sensible : en 1917 et 1918, l'audition

diminua ou fut annulée en général à proximité des orages, même sans vent et sans pluie. Je n'ai pu faire d'observations pendant les orages forts ou très proches, le roulement ininterrompu du tonnerre couvrant les détonations. Voici pour 1917 et 1918, du 1er mai au 31 juillet, d'après le graphique de plus de 300000 détonations, les moyennes-minute N et I :

1° Par vents quelconques;

2° Par vents du secteur de 180° allant de l'Est au Sud et à l'Ouest;

3° En temps d'orage avec roulements de tonnerre, par vents du même secteur de 180° (J, nombre de jours; M, nombre de minutes d'observation).

	Par vents quelconques.				Par vents de E à S à W.				Orages de E à S à W.			
	J.	M.	N.	I.	J.	M.	N.	I.	J.	M.	N.	I.
1917......	92	3.194'05"	37,21	89,55	77	2.466'01"	36,47	86,36	13	379'11"	24,51	54,25
1918......	92	4.798'50"	57,07	102,80	59	2.711'55"	56,71	108,23	5	186'20"	23,67	24,83
1917-1918..	184	7.992'55"	42,62	93,16	136	5.177'56"	42	92,32	18	565'31"	24,28	46,07

Le vent contraire le plus fort n'est pas un obstacle absolu à l'audition : exemple, la violente tempête SW des 27-28 août 1917 au déclin de la période annuelle d'audition, huit jours avant le retour du mystérieux silence.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les formations d'Hatteras.* Note (1) de MM. **M. Coyecque** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. *Les faits* (2). — La région au large du cap Hatteras (U. S.) est une zone privilégiée de naissance de perturbations atmosphériques. Un faible noyau de tendances négatives apparaît, d'abord à peu près stationnaire. Il croît, lié à un A.-St. puissant. Enfin l'« Hatteras », constituée isobariquement, se met en marche lentement vers le Nord-Est, n'atteignant une vitesse normale que vers Nantucket; vers Terre-Neuve elle s'infléchit nettement vers l'Est prenant rang dans la série des « Polaires » (dépression du front polaire proprement dit), soit en se confondant avec l'une d'elles, soit en conservant son individualité. Les « Hatteras » atteignent presque toutes l'Europe, et parfois assez bas en latitude. Elles sont souvent assez profondes pour donner dans les eaux américaines, entre Hatteras et Terre-Neuve, des tempêtes de Nord-Est à Nord-Ouest. La tempête liée à l'« Hatteras » peut traverser tout l'Atlantique (exemple 8 janvier 1924).

(1) Séance du 15 décembre 1924.

(2) Observations faites à bord du *Jacques-Cartier*.

La fréquence des « Hatteras » est de l'ordre de 20 par an. Leur formation est à peu près localisée dans la saison froide. Elle comporte toujours la descente, de Nord ou de Nord-Ouest, à travers le continent, d'un fort noyau de hausse formant anticyclone fermé. La perturbation apparaît au contact du courant chaud de Sud-Ouest dirigé par l'anticyclone Atlantique et du courant froid du secteur Est commandé par l'anticyclone mobile.

Le processus peut être un peu différent, la baisse *très faible* (parfois dépourvue de système nuageux) venant lentement de l'Ouest pour se développer brusquement vers Hatteras.

Au même noyau de hausse correspond quelquefois une deuxième formation d' « Hatteras » et même, exceptionnellement, une troisième, de profondeurs décroissantes.

II. *Interprétation.* — Le fort noyau de hausse, essentiel, représente une *invasion d'air polaire* (1) et la formation est due à son contraste de température avec l'air tropical très chaud au-dessus du Gulf-Stream ; d'où la localisation géographique. Mais l'été, l'air polaire s'échauffe sur le continent; d'où la localisation saisonnière.

Deux types de formation sont à distinguer :

a. L' « Hatteras » se forme aux dépens de la perturbation mère (cas du 19 avril 1922) qui disparaît (2); ces « Hatteras » sont caractérisées par la présence, dans le secteur Nord, d'une ligne de discontinuité très nette (front double résiduel à caractère de front froid), séparant les deux noyaux polaires de la perturbation mère — l'air polaire d'Est de retour, tiède, de l'air polaire de Nord-Ouest nouveau, très froid.

b. La perturbation-mère subsiste — formation « en vague » (cas du 17 janvier 1922). Le secteur Nord de l'Hatteras est alors constitué par une masse homogène d'air froid. Ce processus — le plus fréquent, surtout en hiver — exige l'intervention d'une invasion d'air polaire puissante (fin de « famille ») (2). C'est en ce cas que peuvent se produire plusieurs « Hatteras » successives. Si l'invasion est assez puissante, elle peut même continuer sa marche vers le Sud et former (en automne ou au printemps) une « Antillaise ».

La « jeunesse » des « Hatteras » explique leur persistance à travers

(1) Cf. J. Bjerknès et H. Solberg, *L'évolution des cyclones* (*Mémorial de l'Office national météorologique*, n° 6, 1924, p. 95 et suiv.).

(2) J. Bjerknès et H. Solberg, *loc. cit.*, p. 91 et suivantes.

l'Atlantique. Nées en fin de famille leur trajectoire est en principe plus méridionale que celle des cyclones précédents et elles peuvent aborder l'Europe à basse latitude (si l'anticyclone des Açores, remonté vers le Nord-Est, ne les rejette pas vers l'Islande). Toutefois, si elles s'unissent à une « Polaire » c'est nécessairement avec l'une des premières de la famille suivante, donc à latitude assez élevée.

Dans le cas où la faible baisse originelle vient de l'Ouest, elle semble provenir soit d'un pseudo-front californien homologue (l'anticyclone Pacifique substitué à l'anticyclone Atlantique) du pseudo-front méditerranéen ([1]), soit d'une branche méridionale du front polaire Pacifique, qui se dédouble en abordant un faible anticyclone continental.

III. *Contribution à la météorologie dynamique générale.* — Le premier type d'« Hatteras » est à rapprocher des formations de Gênes. Mais dans le cas des « Gênoises », c'est seulement l'étranglement du secteur chaud [séclusion ([2])] qui est favorisé par la chaîne alpine; dans le cas des « Hatteras » c'est la « racine » tropicale de la perturbation-mère étranglée qui se renforce sous l'effet du contraste de température. *Quoi qu'il en soit la prédilection du phénomène de la régénération pour des régions déterminées est confirmée.*

Le deuxième type est à rapprocher du pseudo-front méditerranéen; mais en Amérique, la masse d'air polaire effectuant un parcours continental, c'est l'hiver que sa basse température se conserve le mieux; au Maroc c'est l'été qui est favorable, le parcours étant océanique. De plus en Amérique, en l'absence de centre d'action, l'intervention éphémère de l'anticyclone mobile ne peut donner naissance qu'à des perturbations isolées; tandis que, dans l'Atlantique Est, l'invasion polaire rafraîchit un grand massif anticyclonique, le long duquel peut fonctionner un régime durable. De toute façon, *le recrutement du front polaire par le mécanisme de la formation « en vague » s'opère de préférence en des régions déterminées à privilège saisonnier.*

Vu le parallélisme des grands courants chauds et froids dans le Pacifique Ouest et l'Atlantique Ouest il n'est pas impossible qu'une partie des « Polaires » d'Amérique, prenne naissance dans les eaux japonaises par un mécanisme analogue à celui des « Hatteras ».

Les « Hatteras » peuvent s'unir soit avec la « Polaire » qui vient immé-

---

([1]) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Les pseudo-fronts polaires* (*Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1185).

([2]) *Loc. cit.*, p. 1618.

diatement après leur perturbation mère, soit même avec la suivante. Elles montrent : 1° *l'interférence de dépressions bien constituées et profondes;* 2° *qu'une formation « en vague » peut s'unir à une perturbation de la « famille » suivante.*

BOTANIQUE. — *Le développement de l'anthère et du pollen chez les Gentianes.* Note de M. **Paul Guérin**, présentée par M. L. Guignard.

Les nombreux travaux relatifs au développement de l'anthère et du pollen ont établi qu'à la suite d'une série de cloisonnements fournissant la paroi de l'anthère, les cellules mères primordiales situées au-dessous se divisent plus ou moins pour donner, dans chacun des sacs polliniques, un nombre variable de cellules mères définitives du pollen, disposées soit en massif, soit en un arc d'une ou deux assises. Parfois même, chez les Malvacées, par exemple, ces cellules forment une seule file continue et, en section transversale, chaque sac pollinique n'offre qu'une unique cellule mère définitive. Dans tous les cas, les cellules mères polliniques sont, dans leur ensemble, entourées d'une rangée de cellules nettement différenciées, pourvues le plus souvent de deux, quelquefois d'un plus grand nombre de noyaux, et désignée sous le nom d'*assise nourricière*.

Chez les Gentianes, les phénomènes se déroulent, à l'intérieur du sac pollinique, d'une façon tout à fait différente, en ce sens qu'il ne se forme pas, à proprement parler, d'assise nourricière, et que les cellules mères polliniques se montrent, dans ce sac, isolées ou par groupes, environnées de cellules stériles, parfois disposées en réseau et constituant un véritable *tissu nourricier* (1).

Chez le *Gentiana germanica* Willd., les premières cellules mères primordiales qui, aux quatre angles du mamelon staminal, se différencient à la suite du premier cloisonnement de l'assise sous-épidermique, ne constituent pas, au moins à certains niveaux, une assise continue, mais se trouvent séparées par de simples cellules de parenchyme (2). Ces cellules mères primordiales, en général peu nombreuses à l'origine, ne se multiplient guère dans la suite. Lorsque l'anthère a acquis sa paroi définitive (trois

(1) Cette particularité ne comporte, jusqu'ici, que peu d'exemples. Elle a été observée par Campbell chez certaines Naïadacées (*Annals of Botany*, t. 12, 1898, p. 9-10), et J. Bonnet la signale chez les Onagrariacées, les *Viscum*, *Rhizophora*, etc. (*Archiv für Zellforschung*, t. 7, 1911-1912, p. 617).

(2) Ces cellules rappellent les trabécules stériles du sporange d'*Isoetes lacustris*.

à quatre assises de cellules), on peut les voir, sur certaines coupes transversales, alternant, en séries radiales, avec des files de cellules stériles.

A un stade plus avancé, correspondant à la phase synapsis des cellules mères définitive du pollen, ces dernières se montrent plus ou moins éparses au milieu de cellules qui, au moment de la formation des grains de pollen (*fig.* 1), présentent d'assez grandes dimensions et d'abondantes vacuoles.

On voit qu'il n'y a pas, chez le *G. germanica* Willd., d'assise nourricière différenciée; les cellules mères polliniques se trouvent dispersées dans un tissu de cellules toujours uninucléées dont le contenu, de nature albuminoïde, sert à la nutrition des grains de pollen.

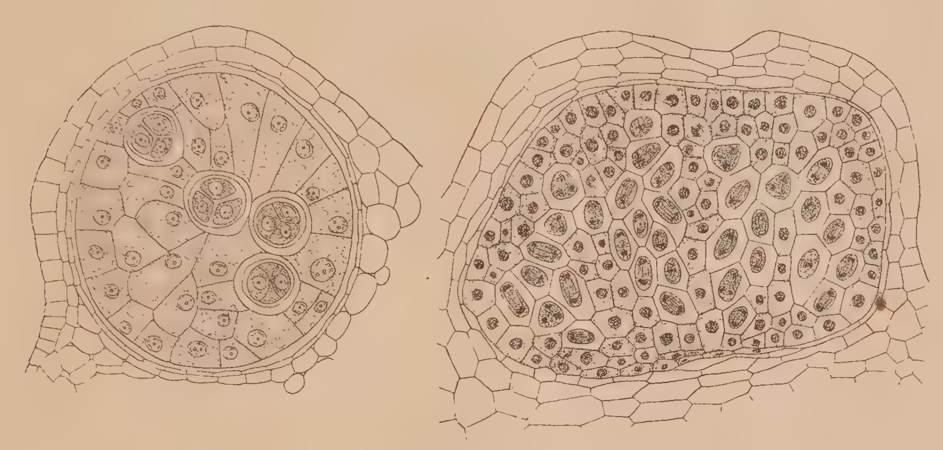


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — *Coupe transversale d'un sac pollinique de* Gentiana germanica. Les cellules mères définitives, qui ont donné naissance chacune à quatre cellules polliniques, se trouvent éparses, au nombre de quatre, dans un abondant tissu nourricier. Gr. : 360.

Fig. 2. — *Coupe transversale d'un sac pollinique de* Gentiana lutea. Les cellules mères définitives du pollen, en voie de division, sont entourées de très nombreuses cellules stériles qui constitueront dans la suite, pour les grains de pollen, un tissu de nutrition. Gr. : 230.

Dans le *G. lutea* L., les cellules mères définitives du pollen, très nombreuses, se trouvent disposées en séries radiales plus ou moins régulières, que séparent des rangées de petites cellules demeurées stériles et toujours pourvues d'un seul noyau (*fig.* 2). Ce sont ces dernières qui concourent à la formation du tissu nourricier, en même temps que celles provenant d'un dédoublement, en sens tangentiel, des cellules avoisinant la paroi de l'anthère. Ce tissu est, en définitive, très abondant et forme une sorte de réseau dans les mailles duquel sont plongées les tétrades polliniques.

Les phénomènes s'accomplissent de la même façon chez les *G. angustifolia* Vill., *G. Kochiana* Perr. et S., et *G. punctata* L.

Les cellules mères polliniques du *G. Pneumonanthe* L. se trouvent plus ou moins séparées les unes des autres par de longues et étroites cellules, isolées ou en files qui, partant de la périphérie du sac pollinique, pénètrent à son intérieur, parfois très profondément, de façon à constituer également un tissu de nutrition.

Chez les *G. asclepiadea* L., *G. cruciata* L. et *G. verna* L., des cellules stériles

isolent aussi plus ou moins les cellules mères définitives du pollen, en jouant, comme dans les cas précédents, un rôle nourricier.

Des espèces asiatiques, *G. dschungarica* Regel, *G. thibetica* King., *G. septemfida* Pall., nous ont fourni des résultats tout à fait analogues.

En résumé, les Gentianes présentent, dans le mode de développement de leurs sacs polliniques, une particularité dont les Angiospermes n'avaient offert, jusqu'alors, que fort peu d'exemples et qui consistent en la formation d'un tissu stérile, parfois très abondant, à l'intérieur duquel se trouvent plus ou moins éparses les cellules mères définitives du pollen. De forme et d'aspect variables, suivant les espèces, les cellules de ce tissu constituent, dans l'ensemble, un tissu de nutrition capable, en effet, de suppléer très avantageusement, chez les plantes en question, à l'absence d'une assise nourricière différenciée.

Des recherches en cours montreront que, chez d'autres Gentianacées, le développement des sacs polliniques s'accomplit d'une façon différente de celle qui vient d'être décrite.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la valeur nutritive de l'Escargot* (Helix pomatia *L.*). Note (1) de M. **L. Léger**, présentée par M. Ch. Gravier.

Les recherches de Balland sur la valeur alimentaire des Mollusques comestibles (2) nous apprennent que la chair de l'*Helix pomatia*, Escargot le plus apprécié et consommé le plus couramment, considérée en totalité, renferme, à l'état frais, de 10 à 16 pour 100 de matières azotées, de 0,72 à 1,08 pour 100 de matières grasses, 2 à 2,6 pour 100 de matières extractives et 1,5 pour 100 de matières minérales; mais cet auteur n'a pas isolé des matières extractives le glycogène et les sucres réducteurs, de sorte qu'il nous laisse ignorer où ces substances importantes sont localisées.

Cette étude mérite donc d'être reprise avec plus de précision et cela d'autant mieux qu'aujourd'hui, par un usage culinaire qui semble récent, l'Escargot préparé pour la consommation est réduit au pied et à la partie antérieure du corps, tandis que le foie volumineux et les organes y attenant sont éliminés.

(1) Séance du 15 décembre 1924.

(2) R. Balland, *Les aliments : analyse et valeur alimentaire*, t. 2, 1907, p. 233. Ballière, Paris, 1907.

Pour avoir une notion exacte et pratique de la valeur alimentaire de ce Mollusque, il importe donc d'étudier séparément et comparativement la composition de la partie consommée et de la partie rejetée. En réalité, la partie consommée, telle qu'on la trouve habituellement dans les Escargots tout préparés pour l'alimentation, comprend le pied très développé, la tête avec sa mâchoire et sa radula, l'estomac, le rectum, l'oviducte, l'appareil copulateur et la voûte pulmonaire, toutes parties coriaces et fibreuses; tandis que la portion qui en a été éliminée, désignée communément sous le nom de tortillon, correspond au foie qui en constitue la majeure partie, et aux glandes génitale et albumineuse, organes tendres et de digestion facile.

Nos recherches ont porté sur 14 *Helix pomatia* en fin d'hivernage, encore munis de leur épiphragme et d'un poids total, la coquille étant enlevée, de 121^g, dont 87^g correspondant à la partie consommée que, pour simplifier, nous désignons dans notre analyse sous la rubrique « Pieds », et 34^g de partie rejetée, désignée ci-dessous sous la rubrique « Foies ». Le tableau suivant résume le résultat de nos analyses effectuées en collaboration avec M. Rouillard, directeur du Laboratoire municipal de la Ville de Grenoble :

	Foies.		Pieds.	
Dosages.	Produit humide pour 100.	Produit sec pour 100.	Produit humide pour 100.	Produit sec pour 100.
Humidité à 100°-110°	72,64	″	80,16	″
Matières azotées	17,31	63,25	15,87	79,98
Matières grasses (extrait éthéré)	1,78	6,50	0,42	2,12
Matières extractives (¹)	5,98	21,88	1,91	9,63
Matières minérales	2,29	8,37	1,64	8,27
Total	100	100	100	100
(¹) Dont :				
Sucres réducteurs en sucre interverti	0,75	2,74	″	″
Glycogène (Méthode Frankel-Garnier)	0,842	3,07	″	″

On voit d'après ces résultats que le glycogène se rencontre encore en notable quantité dans le foie de l'*Helix* à la fin de l'hivernage. Or, d'après Barfurth, cette substance disparaît du foie du Mollusque après trois semaines d'inanition. Cette différence peut s'expliquer si l'on admet que Barfurth a opéré sur des *Helix* ayant jeûné au cours de la vie active, le glycogène étant alors entièrement utilisé pour l'activité vitale et le manque d'alimentation ne permettant pas au foie de le remplacer. Il n'en est pas de même dans le

jeûne hivernal où la vie active étant supprimée, la réserve glycogénique reste accumulée dans le foie pour être sans doute utilisée au réveil.

Au point de vue pratique, ces résultats montrent en outre que glycogène, sucres réducteurs et presque toutes les matières grasses sont contenus dans la partie que l'on rejette pour la consommation. Or, le glycogène, dont la présence dans le foie des Mollusques est connue depuis Claude Bernard, représente avec les sucres et les matières grasses, les éléments essentiels auxquels les autres Mollusques alimentaires comme les Huîtres, les Praires (*Venus*), les Moules, etc., doivent en grande partie leur valeur nutritive et leur facile digestibilité, leur saveur étant surtout donnée par le foie et les glandes génitales. Il en résulte qu'en supprimant le tortillon de l'Escargot, on enlève la plus grande partie de sa substance nutritive et précisément la plus digestible et la plus savoureuse. D'autre part, nous savons par expérience que le foie de l'Escargot, souvent fort parfumé selon la nourriture du Mollusque, comme l'avaient remarqué les Romains, n'est nullement toxique. Aucune des recettes culinaires anciennes ne mentionne que le foie doit être rejeté et dans nos campagnes, où ce Mollusque est fort en honneur, on regarde avec raison le tortillon comme la partie la plus succulente. Il devait en être de même aux temps préhistoriques chez les peuplades hélicophages qui, du Maroc à la Tunisie, ont laissé d'énormes amoncellements de coquilles d'Hélix [1]. Dans les escargotières de Tebessa, d'après Coutil (XIVe Congrès d'Archéologie, Genève, 1913), 90 pour 100 des coquilles montrent un trou circulaire à la deuxième spire près du centre, fait avec un poinçon en os et, sans nul doute, destiné à faciliter l'extraction *in toto* de l'animal en libérant le muscle columellaire.

Ce n'est donc pas une question de toxicité qui fait rejeter actuellement la portion terminale de l'Hélix. Il faut plutôt en rechercher la raison dans la difficulté de l'extirper, jointe à l'idée fausse mais très répandue, que le tortillon contient les résidus alimentaires, alors qu'en réalité, de par leur position anatomique, l'estomac et le rectum qui les renferment quand l'animal n'a pas jeûné, se trouvent précisément dans la partie que l'on consomme. Et ceci nous montre une fois de plus que l'Escargot, amputé ou non, ne doit être consommé que lorsqu'il a subi un jeûne d'au moins 15 jours.

Conclusion. — Dans l'*Helix pomatia* à l'état de sommeil hivernal, plus de 80 pour 100 des matières grasses, tout le glycogène et les sucres réducteurs

(1) Debruge, *La Préhistoire dans la commune de Belezna*, p. 17 (Librairie Draham, Constantine, 1923). L'escargotière de Mechta el Arbi est de l'Aurignacien ancien.

sont localisés dans le foie. En rejetant cet organe pour la consommation, on enlève au Mollusque la plus grande partie de sa valeur nutritive, sa saveur et sa digestibilité. Il y a donc un intérêt à la fois économique, physiologique et même gastronomique à consommer l'Escargot *in toto*, comme le faisaient nos ancêtres et comme le font encore aujourd'hui les véritables mais rares amateurs de ce mets original.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une malformation intersexuelle chez le Cobaye.* Note (¹) de M. **Alexandre Lipschütz**, présentée par M. Charles Richet.

Chez le Cobaye, dans le cul-de-sac du corps caverneux uréthral du pénis, il se trouve des cornes épidermiques qui ont chez l'animal adulte une longueur d'environ 5^{mm} (*fig.* 1). Ce caractère sexuel est sous la dépendance

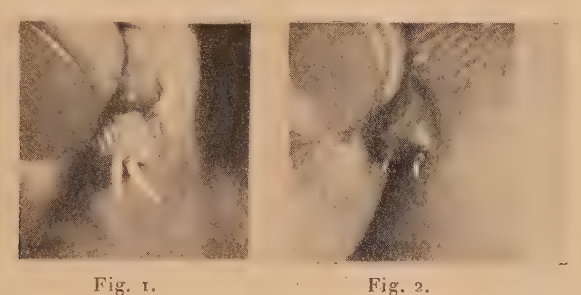


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Cornes épidermiques dans le cul-de-sac du pénis chez un Cobaye normal de 790^g Grandeur : 1,5.

Fig. 2. — Cornes épidermiques dans le cul-de-sac du pénis chez un Cobaye de 620^g châtré il y a 3 mois à un poids de 620^g. Grandeur : 1,5. Réduction très considérable des cornes en longueur et en épaisseur. La muqueuse du cul-de-sac est lisse, tandis que des denticules épidermiques se trouvent sur la muqueuse chez l'animal (voir *fig.* 1).

des hormones testiculaires; les cornes épidermiques diminuent considérablement en longueur et peuvent même disparaître après la castration (*fig.* 2). La corne coupée repousse si un testicule ou un fragment testiculaire a été conservé (²).

Sur une Cobaye femelle masculinisée par une greffe testiculaire (expérience de Steinach), j'ai constaté (³) que les corps caverneux du clitoris

(¹) Séance du 3 novembre 1924.

(²) Lipschütz, *C. R. Soc. de Biol.*, t. 90, 1924, p. 274.

(³) Lipschütz, *Journ. of Physiol.*, t. 51, 1917, p. 283; voir aussi les figures 103-106 dans Lipschütz, *Die Pubertätsdrüse u. ihre Wirkungen* (Berne, 1919).

étaient hypertrophiés; j'ai constaté aussi la présence de cornes épidermiques dont la position était anormale, vu l'absence d'un corps caverneux uréthral. J'ai considéré ce phénomène comme une transformation d'un clitoris en un organe péniforme sous l'influence des hormones testiculaires dans l'organisme féminin. Cette observation a été confirmée par Moore (¹) qui constata une formation identique chez deux Cobayes femelles masculinisées. Sand (²) a observé une transformation péniforme du clitoris sous l'influence des hormones testiculaires chez cinq rats.

J'ai constaté une formation analogue au mois d'octobre 1923 chez une Cobaye femelle normale. Ensuite j'ai examiné la région génitale chez une quantité de femelles pendant dix mois : ici, à Dorpat, j'ai rencontré ce phénomène chez 10 femelles, ce qui représenterait un pourcentage considérable. Chez 41 Cobayes femelles que nous avons reçues de Riga, j'ai observé ce phénomène une seule fois. Extérieurement la région génitale rappelle beaucoup chez ces animaux (*fig.* 3) celle d'un mâle. Les pointes des cornes épidermiques sont visibles même quand le prépuce n'est pas retiré (*fig.* 4 A); les corps caverneux du clitoris et les cornes épidermiques deviennent bien visibles si l'on retire le prépuce (*fig.* 4 B). La longueur des corps caverneux ainsi que celle des cornes épidermiques variait beaucoup. La longueur maximale des cornes épidermiques était de 3 ou 4^{mm}. Les corps caverneux étaient en général couverts d'une sécrétion jaune préputiale comme on l'observe chez le mâle après la castration ou pendant une maladie quand le pénis reste constamment couvert par le prépuce.

Les organes génitaux internes, comme l'utérus et les ovaires, étaient microscopiquement normaux chez 6 animaux dont l'autopsie a été faite. Trois des animaux anormaux ont eu des petits dans le laboratoire. Une fois l'abnormité a été constatée chez une femelle née d'une mère aussi anormale, et d'un père qui était fils de la dernière. L'abnormité a été aussi observée chez une autre femelle née du père mentionné et d'une femelle normale.

On pourrait donc supposer qu'il n'y avait pas, dans les observations antérieures de Lipschütz et Moore, de transformation de la région génitale dans un sens péniforme sous l'influence des hormones testiculaires, mais plutôt une malformation sexuelle indépendante de la greffe testiculaire.

(¹) MOORE, *Journ. of experim. Zool.*, t. 33, 1921, p. 365. — Toutes les figures d'après des photographies de S. Vešnjakov.

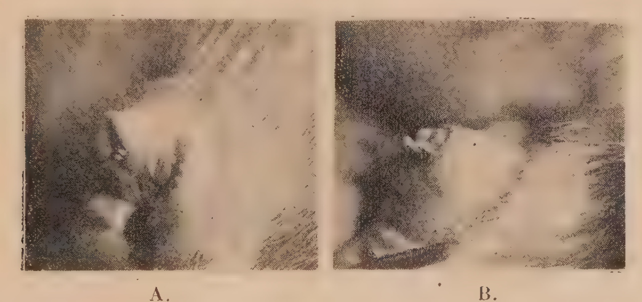
(²) SAND, *Experimentelle Studier over Konskarakterer hos Pattedyr* (Copenhague, 1918); voir page 91.

Mais cette objection n'est pas justifiée, vu que Moore n'a pu constater l'organe péniforme que chez deux femelles, chez lesquelles la greffe testiculaire a pris, tandis que l'organe péniforme était absent chez seize autres femelles, chez lesquelles les greffes testiculaires n'ont pas pris.



A. B.

Fig. 3. — Région génitale chez une femelle normale et chez une femelle anormale. Grandeur : 0,75 A, normale ; B, abnorme.



A. B.

Fig. 4. — Région génitale d'une Cobaye femelle avec abnormité. Grandeur : 1,5. A. Vue extérieure. Organe péniforme couvert du prépuce. Pointes des cornes épidermiques visibles. B. Le prépuce est retiré. Partie distale des corps caverneux du clitoris hypertrophié et cornes épidermiques bien visibles.

Il s'agit de savoir si le phénomène doit être considéré comme une déviation des conditions normales, déviation somatique n'ayant aucune relation avec l'état hormonal, ou si les cornes épidermiques sont alors sous la dépendance des hormones de l'ovaire comme c'est le cas chez le mâle vis-à-vis des hormones testiculaires. Nous avons entrepris des expériences de castration chez des femelles anormales.

Conclusions. — Une malformation dans la région génitale a été observée chez plusieurs Cobayes femelles. Les corps caverneux du clitoris étaient élargis; des cornes épidermiques existaient comme chez le mâle, quoique

en général plus petites. Cette modification de la région génitale dans le sens masculin avec formation d'un organe péniforme était identique à celle que j'ai décrite chez une Cobaye femelle avec greffe testiculaire.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la pathogénie du rachitisme.* Note de MM. **Léon Blum**, **Maurice Delaville** et **van Caulaert**, présentée par M. Widal.

Dans nos recherches sur les modifications du plasma sanguin au cours des états pathologiques, nous avons constaté l'importance que présente l'état physico-chimique du calcium. Ce minéral peut exister dans le sang sous deux formes physiques :

1° à l'état de solution vraie;

2° à l'état de solution colloïdale.

Dans le sang normal 50 à 60 pour 100 du calcium se trouvent à l'état de solution vraie. Dans les états d'acidose quelle qu'en soit l'origine, cette proportion augmente considérablement au point que parfois la totalité du calcium se trouve en solution vraie. Nous avons pensé que la présence de gaz carbonique en excès dans le sang au cours de l'acidose était la cause de ce phénomène. Nous avons démontré l'exactitude de cette hypothèse en faisant passer *in vitro* un courant de gaz carbonique à travers un plasma normal et nous avons constaté une diminution sensible du calcium colloïdal.

L'explication que nous donnons des rapports entre l'acidose et l'état physico-chimique du calcium s'appuie sur les conceptions de Loeb, concernant l'état chimique des colloïdes. Nous admettons en effet que le calcium colloïdal n'est autre qu'un protéinate de calcium; on comprend alors qu'en raison du caractère amphotère des protéines un changement du milieu dans le sens de l'acidité ait pour effet de faire perdre à la protéine son rôle d'acide faible et de la rendre ainsi incapable de fixer du calcium.

Il nous a semblé que ces constatations étaient susceptibles de nous éclairer sur la pathogénie du rachitisme. Pour cela nous avons déterminé la réserve alcaline chez des enfants se trouvant dans la phase aiguë du rachitisme. Nous avons constaté un abaissement notable de celle-ci. Chez le nourrisson sain elle oscille entre 52 et 56, chez le rachitique elle est abaissée dans certains cas jusqu'à 39 et le chiffre le plus élevé que nous ayons trouvé fut de 46.

Il existe donc dans le rachitisme floride un état marqué d'acidose et nous croyons pouvoir attribuer à ce phénomène un rôle important dans les troubles de l'ossification. De même que l'acidose empêche la formation de calcium colloïdal dans le sang, de même elle s'oppose à la fixation du calcium par des protéines du tissu ostéoïde, fixation qui est un processus indispensable à l'ossification. L'acidose arrête ainsi l'ossification dès sa première étape.

Il est évident que cette action est sans aucun rapport direct avec les quantités de calcium et de phosphates dans le sang.

Nous en concluons que le trouble essentiel du rachitisme ne réside pas dans une altération du taux des minéraux, mais dans des modifications de leur état physico-chimique, qui sont elles-mêmes la conséquence d'une altération de l'équilibre acide-base. Cette altération modifie les colloïdes plasmatiques et tissulaires et les rend incapables de fixer le calcium.

Et ceci explique :

1° Qu'on ne puisse imputer le rachitisme à une carence calcique;

2° Qu'on n'ait jamais pu guérir ou améliorer le rachitisme par ingestion de sels de calcium;

3° Que la thérapeutique du rachitisme doive tendre à redonner aux supports colloïdes la faculté de fixer le calcium.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Réaction ionique du sang de quelques Invertébrés.* Note de M. **Marcel Duval**, présentée par M. Joubin.

La réaction ionique du sang des animaux supérieurs, particulièrement des Mammifères, a fait l'objet d'un très grand nombre de recherches. Par contre, celle du milieu intérieur des Invertébrés a été beaucoup moins étudiée et peu de résultats la concernant ont été publiés.

Ayant eu à notre disposition un certain nombre d'Invertébrés, principalement aquatiques, nous avons déterminé la réaction de leur milieu intérieur et nous l'avons comparée à celle du milieu qui les entourait, quand celui-ci était liquide.

Nos mesures ont été effectuées tantôt par voie colorimétrique, tantôt par voie électrométrique. Les deux méthodes nous ont toujours conduit à des résultats concordants.

La détermination du P_H se faisait immédiatement après la prise du sang, afin de réduire au minimum les échanges de gaz (CO^2 et O) entre le liquide à étudier et l'atmosphère. Ainsi le sang des Crustacés ne présentait

qu'une très faible teinte bleue qui ne troublait pas la mesure colorimétrique de la réaction.

Nous avons employé comme indicateur le rouge de crésol et le rouge de phénol, comme solutions étalons de P_H connus, les mélanges d'acide borique et de borate de sodium de Palitzch et de phosphates primaire et secondaire de Sorensen.

Les mesures électrométriques ont été faites avec l'électrode de Hasselbach.

Le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus :

Invertébrés marins (¹).

	P_H du milieu intérieur.
Maia squinado	7,7 à 7,8
Platycarcinus pagurus	7,7
Carcinus moenas	7,7
Portunus puber	7,7
Sepia officinalis	7,7
Asteris rubens	7,3 à 7,4
Arenicola piscatorum	7,2 à 7,3

Invertébrés d'eau douce (²).

Astacus fluviatilis	7,7 à 7,8
Anodonta cygnea	7,8

Invertébrés aériens.

Helix pomatia	7,7 à 7,8

Il ressort de ce tableau que :

1° La réaction du sang des Crustacés et des Mollusques est plus alcaline que celle du sang des Mammifères. En effet le P_H du sang de ces Vertébrés est très voisin de 7,4. Nous constatons au contraire que la réaction du sang des Crustacés et Mollusques étudiés s'exprime par un P_H de 7,7.

2° La réaction du milieu intérieur des animaux marins est bien moins alcaline que celle de l'eau de mer qui les entoure. Alors que le P_H de l'eau de mer était de 8,15, nous n'avons jamais trouvé l'alcalinité du milieu intérieur supérieure à $P_H = 7,8$.

3° Les Échinodermes et les Vers ont un milieu intérieur moins alcalin que celui des Crustacés et Mollusques, presque neutre.

(¹) Le P_H de l'eau de mer était de 8,15.

(²) Le P_H de l'eau douce était de 7,7.

4° La réaction du sang des Crustacés et des Mollusques semble indépendante de la nature du milieu extérieur. L'Écrevisse, les Crustacés marins et l'Escargot ont même alcalinité sanguine ($P_H = 7,7$ à $7,8$).

Nous avons constaté que la réaction du sang de l'Escargot est la même chez l'animal en hibernation ou chez l'animal en activité. Ce fait a déjà été constaté par Damboviceanu (¹).

Nous nous proposons de mesurer la réaction du sang chez d'autres Invertébrés.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Variations du pouvoir agglutinant des sérums, sous l'influence du courant continu.* Note de MM. **Cluzet**, **Rochaix** et **Kofman**, présentée par M. Desgrez.

Dans nos recherches, le sérum agglutinant, obtenu comme il est indiqué plus loin, est placé dans un tube de verre en forme d'Y renversé, dont les deux branches, ayant 8^{cm} de longueur, sont fermées, à leur extrémité inférieure, par un sac de collodion. Chacune des branches du tube plonge par son extrémité inférieure dans un récipient contenant de l'eau qui se renouvelle constamment. On fait passer dans le sérum le courant continu à 220 volts, au moyen de deux électrodes de platine plongeant dans les récipients à eau courante; un galvanomètre indique l'intensité, qui est en moyenne de 0,25 milliampère. Nous pouvons de cette manière faire passer, dans un liquide de bonne conductibilité comme le sérum et sous un potentiel élevé, une très faible quantité d'électricité; les phénomènes polaires d'électrolyse sont très réduits et les cristalloïdes du sérum passent par osmose, à travers le collodion, dans l'eau sans cesse renouvelée des récipients.

Dans ces conditions, on peut admettre qu'il existe, outre les phénomènes d'électrolyse et d'osmose, une cataphorèse des substances colloïdales du sérum, conditionnée par le signe électrique de celles-ci.

A la fin de l'expérience, dont la durée variait de 7 à 15 jours, des prélèvements du sérum étaient effectués au niveau de chaque pôle du tube en Y renversé, pour mesurer le pouvoir agglutinant vis-à-vis du bacille considéré. Nous avons expérimenté sur le sérum antiéberthien et sur le sérum antidysentérique (Flexner), espérant mettre mieux en évidence les actions élec-

(¹) Damboviceanu, *C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 261.

triques polaires en choisissant deux bacilles ayant des signes électriques opposés (le B. d'Eberth est électronégatif et le B. de Flexner est électropositif).

I. *Électrisation du sérum agglutinant antiéberthien.* — Deux lapins reçoivent successivement et à huit jours d'intervalle des injections de 1^{cm^3}, 2^{cm^3} (deux fois), 3^{cm^3} (deux fois) et 4^{cm^3} de bacille d'Eberth atténué par un vieillissement de 15 jours environ. Huit jours après la dernière injection, le taux d'agglutination du sérum vis-à-vis de l'Eberth est de 1 pour 5000 pour le lapin n° 1 et de 1 pour 1000 pour le lapin n° 2.

L'agglutination après électrisation du sérum a été obtenue aux taux ci-dessous :

	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.
Sérum témoin, agglutination complète à...............	1 p. 5000	1 p. 1000
Sérum prélevé au pôle négatif, agglutination complète à..	1 p. 5000	1 p. 200
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination complète à..	1 p. 20000	1 p. 2000
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination incomplète mais nette à....................................	1 p. 50000	1 p. 2000

Ainsi, le pouvoir agglutinant s'est montré beaucoup plus élevé dans l'échantillon du sérum prélevé au pôle positif que dans celui qui avait été prélevé au pôle négatif. Nous avons observé ce même fait, non seulement sur les deux lapins de l'expérience qui vient d'être rapportée, mais dans trois autres expériences réalisées antérieurement, avec des techniques un peu différentes.

II. *Électrisation du sérum agglutinant antidysentérique* (*Flexner*). — Deux lapins reçoivent successivement et à huit jours d'intervalle des injections de $1^{cm^3},5$, 2^{cm^3} (3 fois) et 3^{cm^3} (2 fois) de bacilles de Flexner, atténués par vieillissement. Huit jours après la dernière injection, les animaux sont saignés et le sérum est soumis à l'électrisation; l'agglutination du Flexner s'est faite aux taux ci-dessous :

	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.
Sérum témoin, agglutination complète à.......	—	1 p. 2000
Sérum prélevé au pôle négatif, à..............	1 p. 20000	1 p. 20000
Sérum prélevé au pôle positif, à..............	1 p. 2000	1 p. 200

Le bacille d'Eberth soumis à l'action des trois échantillons de sérum n'a été agglutiné à aucun taux : la spécificité a été conservée. Un mois après, le lapin n° 2 reçoit une nouvelle injection de bacille antidysentérique (3^{cm^3}) atténué par vieillissement; il est saigné au douzième jour et le sérum, après une électrisation de huit jours, donne l'agglutination complète aux taux suivants :

Sérum témoin	1 p. 2000
Sérum prélevé au pôle négatif	1 p. 100000
Sérum prélevé au pôle positif	1 p. 1000

Nous avons constaté en outre que le bacille d'Éberth et le bacille paratyphique B soumis à l'action des trois échantillons de sérum n'ont été agglutinés à aucun taux.

Les résultats de ces trois dernières expériences montrent que le pouvoir agglutinant, dont la spécificité vis-à-vis du Flexner a été conservée, a considérablement augmenté au pôle négatif et très notablement diminué au pôle positif.

III. *Conclusions.* — Les sérums agglutinants traversés par le courant continu peuvent donc avoir leur pouvoir d'agglutination considérablement augmenté à l'un des pôles et très diminué à l'autre pôle; l'augmentation se produit au pôle positif pour le sérum anti éberthien et au pôle négatif pour le sérum antidysentérique (Flexner). Le fait que l'exagération se produit tantôt au pôle positif et tantôt au pôle négatif permet d'écarter l'hypothèse d'une action électrolytique ou osmotique et tout se passe comme si l'agglutinine, ayant le même signe électrique que le bacille correspondant, subissait l'action cataphorétique du courant continu. Enfin, après électrisation et malgré ses modifications quantitatives, le pouvoir d'agglutination nous a paru conserver sa spécificité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles démonstrations de la présence normale de l'oxyde de carbone dans le sang.* Note (1) de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. A. Desgrez.

Gréhant a signalé le premier, dès 1894, la présence dans le sang normal, de traces d'un gaz combustible; Desgrez et Nicloux en constatèrent l'augmentation au cours de l'anesthésie chloroformique, et furent conduits à admettre que cette augmentation était due à une production d'oxyde de carbone, ayant pour origine une décomposition partielle de l'anesthésique. L.-G. de Saint-Martin répétant ces expériences, identifia de petites quantités d'oxyde de carbone dans le sang normal. C'est alors qu'après lui, en me servant de la méthode très sensible de dosage de l'oxyde de carbone par

(1) Séance du 1er décembre 1924.

l'acide iodique que je venais d'imaginer, je dosai l'oxyde de carbone dans le sang des animaux placés dans des atmosphères variées : air des villes, de la campagne, de la mer, en même temps que je le caractérisai dans le sang des nouveau-nés et le trouvai dans le sang des poissons (¹).

En opposition avec les travaux français que je viens de rapporter, il faut mentionner ceux de Buckmaster et Gardner, desquels il résulte que l'oxyde de carbone n'existerait pas dans le sang des animaux normaux aussi bien qu'anesthésiés(²). J'ajoute enfin que Lewin (³), sans apporter de documents expérimentaux personnels dans le débat, adopte les conclusions des auteurs anglais et considère l'oxyde de carbone du sang normal comme le résultat d'une expérimentation défectueuse.

Placé en face de ces contradictions, il m'a semblé qu'il était inutile de discuter sur les données anciennes, aussi valables qu'elles fussent, puisqu'elles n'avaient pu forcer la conviction, mais qu'il y avait intérêt à apporter de nouvelles preuves, basées sur des expériences de principes et de techniques entièrement différents, et qui, par la simplicité et la spécificité des réactions mises en œuvre, devaient lever tous les doutes.

Voici, brièvement résumées, les trois séries d'expériences que j'ai instituées dans ce but et dont le détail paraîtra ultérieurement.

I. J'ai d'abord mis en jeu la propriété connue de l'hémoglobine oxycarbonée de résister à l'action du vide. Le sang est introduit dans un ballon où l'on a fait le vide au moyen de la pompe à mercure de Germann-Cardoso. Les gaz sont extraits en deux temps : d'abord à 40° sans l'addition d'aucun réactif, puis à 100° en présence d'acide phosphorique.

Les gaz provenant de 200^{cm^3} de sang sont réunis; l'acide carbonique est éliminé et le gaz restant divisé en deux parties : l'une est soumise à l'analyse eudiométrique dans mon micro-eudiomètre (⁴), l'autre, diluée dans 1^l d'air ordinaire, est examinée, et l'oxyde de carbone dosé, par la méthode dite « au sang ». Cette méthode consiste essentiellement à faire passer le gaz, débarrassé d'oxygène par l'hydrosulfite de soude alcalinisé, dans une solution très étendue d'hémoglobine réduite et à caractériser, au spectroscope, l'hémoglobine oxycarbonée éventuellement formée, par ses deux bandes

(¹) La bibliographie sera publiée dans un mémoire d'ensemble.

(²) G. A. Buckmaster and J. A. Gardner, *On the supposed presence of Carbon Monoxide in Normal Blood and in the Blood of Animals anaesthetised with Chloroform* (*Proceedings of the Royal Society*, série B, t. 81, 1909, p. 515-528).

(³) L. Lewin, *Die Kohlenoxydvergiftung*, 1 volume grand in-8°, 369 pages, 1920, J. Springer, Berlin.

(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, t. 85, 1921, p. 118, et *Bull. Soc. Ch. biol.*, t. 3, 1921, p. 286.

d'absorption. L'appareil très simple employé dans cette opération est celui que j'ai fait connaître récemment (¹).

On reconnaît : 1° que le gaz extrait à 40° ne renferme pas de gaz combustible; 2° que le gaz extrait à 100° en présence d'acide phosphorique renferme de l'oxyde de carbone. J'ajoute que l'analyse eudiométrique fournissant des résultats confirmés quantitativement par la méthode au sang, il s'ensuit que le gaz analysé dans le micro-eudiomètre est bien de l'oxyde de carbone. La quantité de ce gaz dans les différents sangs que j'ai examinés (bœuf, porc, cheval) oscille autour de $0^{cm^3},1$ pour 100^{cm^3} de sang, ce qui confirme les résultats des travaux antérieurs de L.-G. de Saint-Martin et de moi-même.

II. Dans une seconde série d'expériences, j'ai déplacé *in vitro* l'oxyde de carbone du sang par le bioxyde d'azote. A cet effet 200^{cm^3} de sang (bœuf ou cheval), réduits par une petite quantité d'hydrosulfite de soude légèrement alcalinisé par l'ammoniaque, sont saturés de bioxyde d'azote et mis au contact d'un excès de 300^{cm^3} de ce gaz. On agite vivement pendant 4 à 6 heures. On se débarrasse aisément du sang; quant au bioxyde d'azote contenant l'oxyde de carbone libéré, on le détruit par des additions successives d'oxygène : il se forme des vapeurs nitreuses qui disparaissent au fur et à mesure de leur formation, les manipulations étant faites sur l'eau. Finalement, on ajoute de l'air au résidu gazeux, pour obtenir un volume de 1^l, et l'oxyde de carbone est recherché par la méthode au sang comme en I : l'apparition des deux bandes qui caractérisent l'hémoglobine oxycarbonée permet d'en affirmer la présence.

III. Enfin, dans une troisième série d'expériences, j'ai déplacé *in vivo* l'oxyde de carbone du sang par respiration d'oxygène pur. Ces expériences, dont le principe est irréprochable, puisque le sang de la circulation générale n'est l'objet d'aucune manipulation, sont d'une grande simplicité :

On fait respirer, à l'homme ou à l'animal (chien), de l'oxygène pur, et après quelques instants on recueille sur la cuve à eau, dans un grand flacon tubulé, le gaz expiré. Ce gaz renferme oxygène, acide carbonique, azote et, éventuellement, la petite quantité d'oxyde de carbone déplacé par l'oxygène. Je fais remarquer tout de suite que les deux premiers gaz pouvant être éliminés par l'hydrosulfite de soude alcalinisé par la potasse, l'oxyde de carbone se trouve pour ainsi dire concentré dans l'azote provenant à la fois de l'oxygène dont il constitue l'impureté et de l'air résiduel contenu dans le poumon. En opérant sur 5 litres de gaz expiré, on obtient 500^{cm^3} à 700^{cm^3} d'azote, dont 200^{cm^3} à 500^{cm^3} suffisent pour voir apparaître, en employant la méthode au sang, comme en I et II, les deux bandes caractéristiques de l'hémoglobine oxycarbonée.

En résumé, il ressort de l'examen de ces trois séries d'expériences qu'il existe dans le sang un gaz qui : *a*, se combine à l'hémoglobine et dont la

---

(¹) *Bull. Soc. chim. de France*, 4ᵉ série, t. 33, 1923, p. 818. On y trouvera la bibliographie et le rappel des travaux d'Ogier et Kohn-Abrest, de Florentin et Vandenberghe.

combinaison résiste à l'action du vide; *b*, extrait au moyen de l'acide phosphorique, présente les caractères eudiométriques de l'oxyde de carbone; *c*, donne, au contact d'une solution d'hémoglobine étendue, les deux bandes d'absorption de l'hémoglobine oxycarbonée; *d*, est déplacé par le bioxyde d'azote *in vitro* en donnant à nouveau la réaction spectroscopique spécifique; *e*, est déplacé *in vivo* par l'oxygène pur en présentant également les caractères spectroscopiques de l'oxyde de carbone. Ce gaz est donc bien de l'oxyde de carbone et son existence dans le sang normal se trouve une fois de plus démontrée.

EMBRYOGÉNIE. — *Les glandes génitales et les cellules sexuelles primordiales chez l'Annélide* Salmacina Dysteri (*Huxley*). *La filiation des cellules sexuelles (gonocytes); leur origine dans le bourgeon caudal.* Note de M. A. **Malaquin**, présentée par M. Henneguy.

La *Salmacina Dysteri*, de même que beaucoup d'Annélides, présente pendant une longue période un accroissement métamérique du corps dont le siège est dans le bourgeon générateur pygidial (encore appelé caudal ou préanal). Ce bourgeon renferme les ébauches qui engendrent les composants de chaque métamère nouveau, de sorte que l'ontogenèse s'y poursuit d'une manière quasi ininterrompue. On peut donc pratiquement, partant des glandes génitales différenciées et segmentaires et remontant de segment en segment, arriver jusqu'à leurs cellules sexuelles génératrices, situées dans le bourgeon pygidial.

Ébauche sexuelle caudale. — Le bourgeon caudal est constitué, comme on le sait, par des ébauches cellulaires pleines, et indifférenciées; bien qu'on puisse considérer ces dernières comme potentiellement déterminées, il est souvent difficile d'y reconnaître que telle cellule deviendra nerveuse, musculaire ou mésenchymateuse. Par contre, les cellules sexuelles ou gonocytes pygidiaux peuvent y être caractérisées : par leur emplacement défini, la structure et les dimensions de leur noyau, leur filiation continue avec les gonocytes extracœlomiques [1].

L'ébauche sexuelle est située dans le bourgeon pygidial, ventralement par rapport à l'intestin préanal, à l'endroit où ce dernier se recourbant

---

[1] *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1348.

légèrement vient tout de suite se terminer à l'anus dorsal; elle est si étroitement appliquée contre l'épithélium intestinal qu'aucune limite précise ne l'en sépare. Les gonocytes qui la constituent s'étendent de part et d'autre du plan médian en une rangée, sensiblement transversale, dont les deux extrémités latérales viennent se placer contre deux massifs cellulaires droit et gauche. Ceux-ci représentent les ébauches des somites cœlomiques, dont une paire entrera, comme on le sait, dans la composition d'un métamère; les cellules des somites s'orientent ensuite périphériquement en épithélium, autour d'une cavité d'abord très réduite. Les gonocytes les plus latéraux de l'ébauche pygidiale viennent s'appliquer contre leur paroi extérieure et ventro-latérale; ils sont extracœlomiques dès l'origine et morphologiquement ils occupent le blastocœle. Leur noyau a un diamètre de 5^{μ} en moyenne, toujours plus grand que celui des cellules voisines de l'épithélium cœlomique; le rapport entre leurs diamètres respectifs varie de 2 à 1 ou de 5 à 3. Les noyaux des cellules sexuelles présentent des filaments chromosomiques, ou grêles, ou plus épais, s'irradiant d'une sphère chromatique dans un nucléoplasme très clair, cet aspect est le plus fréquent; parfois il existe deux masses chromatiques avec irradiations chromosomiques; parfois enfin on observe d'autres phases de l'activité mitosique. La multiplication des gonocytes pygidiaux est en rapport avec l'intensité même de la croissance métamérique de l'Annélide; le nombre des gonocytes de l'ébauche varie de 12 à 16, ce dernier chiffre pouvant être dépassé.

Filiation des gonocytes. — Les somites les plus proches, situés en avant du bourgeon caudal et nouvellement produits sont disposés régulièrement par paires les uns derrière les autres; chacun de ces petits sacs cœlomiques, dont l'épithélium revêtant accuse de plus en plus la forme endothéliale, est accompagnée de trois, quatre ou cinq gonocytes, contigus à leur paroi; ce sont les gonocytes extracœlomiques décrits précédemment. Quand les segments postérieurs sont très courts, ce qui arrive lors d'une période de croissance rapide de l'Annélide, les gonocytes accompagnant les somites cœlomiques forment deux rangées longitudinales se reliant presque sans interruption aux gonocytes de l'ébauche pygidiale; la filiation de la lignée des cellules sexuelles est, dans ce cas, tout à fait manifeste. Les deux formations cœlomique et sexuelle sont distinctes et indépendantes à l'origine; puis elles deviennent contiguës et solidaires, tout en conservant leur indépendance, dès qu'elles appartiennent à un même métamère; plus en avant, les dimensions des segments et de leur cavité cœlomique augmentant, les deux files ventrales des gonocytes extracœlomiques sont discontinues.

Aussitôt que les gonocytes ont pris place contre les somites cœlomiques et qu'ils s'éloignent de l'ébauche pygidiale, leur noyau change de structure pour se rapprocher de plus en plus de l'état quiescent. Les gonocytes ne se multiplient pas, en effet, depuis le moment où ils sont déposés dans le métamère de nouvelle formation jusqu'à l'époque où l'activité sexuelle se traduira par l'accroissement des ébauches génitales dans le cœlome. Pendant cette période d'inactivité, le noyau des gonocytes présente les caractères déjà indiqués : sphère régulière de 5$^{\mu}$ de diamètre à grains chromosomiques compacts au nombre de 14-16 disposés périphériquement, à nucléoplasme très clair, le centre paraissant optiquement vide.

Migration active ou transport passif des gonocytes. — Les gonocytes gagnent-ils l'emplacement qu'ils occuperont dans l'ébauche génitale de chaque métamère par leur mouvement propre ou par un transport passif? Une question semblable a été posée chez les Vertébrés où l'on connaît l'existence des gonocytes (Nussbaum, Wheeler, Henneguy, Allen, Dustin, Rubaschkin, Firket, etc.); l'arrivée des gonocytes dans l'ébauche sexuelle y est envisagée de deux manières : 1° soit par un mouvement actif, amiboïde, qui permet aux gonocytes de gagner leur emplacement dans l'épithélium germinatif; 2° soit par un transport passif résultant de l'accroissement de l'ensemble des tissus. Dans ce cas, selon une image de Firket, le déplacement des gonocytes serait comparable à celui de ces jalons que les géologues plantent dans les glaciers pour étudier le mouvement de ces derniers. La description qui a été donnée ci-dessus répond, pour ce qui concerne l'Annélide *Salmacina Dysteri*, à la question posée. Les gonocytes ne progressent pas davantage vers la région antérieure du corps par un mouvement amiboïde, ou autre, que les somites cœlomiques n'y parviennent eux-mêmes par un mouvement qui leur soit propre. Un métamère s'ébauche aux dépens et en avant du bourgeon pygidial, puis un second, un troisième et ainsi de suite. Chaque métamère nouveau avec ses composants, ganglions nerveux, muscles, somites, ébauches génitales, etc. est peu à peu séparé de l'extrémité postérieure par un nombre de plus en plus élevé de segments. Il n'y a pas cheminement des gonocytes vers l'avant à la suite d'une migration active. Les gonocytes sont solidaires des somites cœlomiques qu'ils accompagnent, en même temps qu'ils le sont de tout l'ensemble du métamère ; ils sont transportés passivement et, pour reprendre l'image citée plus haut, ils cheminent à la manière des jalons d'un glacier.

En résumé : 1° le bourgeon caudal de *Salmacina Dysteri* renferme une

ébauche sexuelle constituée par les gonocytes pygidiaux, qui s'y multiplient; 2° ceux-ci sont répartis, en même temps que les somites cœlomiques, dans chaque métamère nouveau; les gonocytes extracœlomiques sont entraînés loin de leur lieu d'origine non par leur migration active mais par un transport passif; 3° la lignée des cellules sexuelles, ou gonocytes, possède une autonomie et une origine propre.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La lumière et les relations symbiotiques chez la* Convoluta roscoffensis. Note de Mlle **Goldsmith**, présentée par M. Joubin.

Les relations symbiotiques entre les *Convoluta roscoffensis* et les zoochlorelles qu'elles contiennent ont été étudiées par Gamble et Keeble, Haberlandt, Geddes au point de vue des échanges nutritifs, mais la part qui revient aux deux membres de l'association dans le comportement de l'animal n'a pas été envisagée juqu'à présent. Pour aborder cette question, il faut comparer les réactions des *Convoluta* normales et adultes, d'une part avec des *C.* jeunes, encore incolores, d'autre part avec des *C.* rendues incolores expérimentalement. Les expériences exposées ici ont trait uniquement à une catégorie de réactions : celles provoquées par la lumière, blanche et monochromatique.

Convoluta adultes et normales. — Les *C.* sont, dans les conditions normales, douées d'un phototropisme positif très accentué, qui a été constaté par les premiers observateurs qui se sont occupés de ces animaux. L'action de la lumière colorée a été moins étudiée. Les expériences exposées ici ont montré que les rayons de différentes longueurs d'onde exercent une action spécifique, indépendante du degré de leur luminosité.

Le dispositif suivant a été employé :

Les animaux se trouvaient dans un aquarium rectangulaire entouré de papier noir de tous les côtés sauf un, tourné vers la fenêtre et devant lequel étaient placés deux par deux des écrans monochromatiques (Wratten filters) : rouge, bleu, vert et jaune. La transparence des écrans et la puissance de rayonnement de la lumière dans les conditions de l'expérience ont été mesurées et prises en considération.

Placées dans ce bassin, les *Convoluta* se déplacent rapidement et d'une façon très nette en rapport avec la couleur de la lumière; par ordre d'attraction exercée, les couleurs se classent ainsi : vert, bleu, rouge; l'action du jaune est à peu près semblable à celle du vert. Or les degrés de luminosité

des écrans employés suivent exactement l'ordre contraire; il s'agit donc bien là d'une action spécifique de la couleur.

La lumière verte étant, d'après les recherches récentes, celle qui assure au point de vue de l'assimilation chlorophyllienne le meilleur *rendement* (sinon la plus grande *vitesse* de la réaction), la question se posait s'il ne s'agit pas là, pour les *Convoluta*, d'un comportement adaptatif, ayant pour effet d'assurer aux zoochlorelles les meilleures conditions d'assimilation. Une première expérience donne à cet égard une indication.

Dans le même aquarium, les *C.* ont à choisir entre deux écrans d'une même nuance de vert : l'écran monochromatique Wratten et un écran constitué par une solution de chlorophylle, par conséquent absorbant tous les rayons utiles à l'assimilation chlorophyllienne. Les *C.* ne manifestent dans ces conditions aucune « préférence ».

Il ne s'agit donc pas, dans tous les cas, d'une sensation immédiate qui porterait les animaux vers la région la plus favorable aux symbiotes.

Convoluta jeunes. — Aussitôt éclos, les jeunes manifestent un phototropisme positif aussi, sinon plus, accentué que les adultes. Si, pendant qu'ils sont encore incolores, on les place devant des écrans monochromatiques, dans les mêmes conditions expérimentales que les adultes, la plus grande attraction est, de même, exercée par le vert et la plus faible par le rouge; la différence entre le bleu et le vert est peut-être moins nette que chez les adultes.

Convoluta adultes décolorées. — On peut obtenir des *C.* décolorées de deux façons : en acidifiant le milieu ou en laissant les animaux vivre pendant des semaines dans de certaines conditions défavorables (eau insuffisamment aérée). Le premier procédé donne des individus trop lésés et ne présentant aucune des réactions normales; le second reste donc le seul à utiliser. La décoloration des animaux est graduelle, leur couleur devient de plus en plus jaunâtre et l'on obtient enfin des individus absolument jaunes, avec des taches de pigment rouge.

Les animaux jaunissant (y compris un stade où leur contenu en chlorophylle devient tout à fait faible) présentent des réactions analogues à celles des *C.* normales (phototropisme positif et attraction par le vert), mais beaucoup moins accusées, les mouvements devenant, d'une façon générale, moins précis et moins identiques chez tous les individus (peut-être en partie par disparition de l'agglutination entre eux). Mais, lorsque les *C.* sont devenues entièrement jaunes, leurs réactions changent; elles recher-

chent les coins les plus obscurs du bassin et, placées devant les écrans monochromatiques, vont au rouge, de préférence au bleu et au vert. Ce fait, pris isolément, parlerait en faveur du rôle de la chlorophylle dans ce comportement, mais en raison de ce que l'on observe chez les animaux jaunissant et chez les jeunes, on est obligé de renoncer à cette idée.

Conclusion. — Le comportement des *Convoluta* en présence de la lumière ne semble pas dépendre de la présence des zoochlorelles; le renversement des tropismes observé chez les individus absolument décolorés s'explique plutôt par leur état physiologique anormal.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les coccus mammaires*. Note de M. **Constantin Gorini**, présentée par M. Roux.

L'existence habituelle dans la mamelle des vaches de coccus acido-protéolytiques que j'ai démontrée en 1901, est désormais admise.

On a reconnu que les coccus résident en permanence dans le parenchyme même des glandes mammaires, de sorte qu'ils peuvent être considérés comme un élément intégrant du lait et qu'il faut renoncer à obtenir du lait absolument amicrobien malgré toutes les précautions de la traite aseptique, y compris le rejet des premières portions du lait qui éliminent seulement les germes des trayons et des voies lactifères inférieures.

Certains points concernant la classification et l'importance laitière de ces coccus méritent d'être éclaircis; c'est pourquoi je crois utile de résumer ici le résultat des recherches que j'ai poursuivies depuis vingt-trois ans sur le sujet.

Classification. — Mes observations portent sur plus de cinquante souches de coccus isolées par moi et sur dix souches envoyées gracieusement par des collègues (Barri, Evans, Harding, Hart, Rogers). Toutes les cultures ont été repiquées deux fois par mois dans du lait sûrement stérilisé par tyndalisation. Le lait autoclavé ne se prête pas à la mise en évidence des facultés protéolytiques des bactéries. Toutes mes observations confirment ce que j'ai démontré en 1902, à savoir que les coccus mammaires peuvent être divisés en plusieurs types ou sous-types intermédiaires qui offrent une grande variété de caractères. Les types prédominants digèrent la gélatine et la caséine; mais dans une souche, bien plus dans une même colonie, on rencontre des individus qui liquéfient seulement la gélatine ou bien seulement la caséine,

qui liquéfient la gélatine lentement ou bien rapidement, avant même de former des colonies visibles, qui caillent le lait rapidement ou bien tardivement et même seulement à l'ébullition, qui peptonisent le lait lentement ou bien précocement même sans coagulation préalable, qui redissolvent le caillot horizontalement ou bien latéralement, qui sont incolores ou bien chromogènes, blancs ou jaunes. Les cellules se colorent par la méthode de Gram; elles sont ovoïdes ou oblongues de $0^{\mu},5$ à $1^{\mu},3$, isolées ou différemment groupées. C'est pourquoi les coccus mammaires sont décrits et nommés différemment selon les auteurs (*M. lactis varians*, *M. lactis albidus*, *M. lactis aureus*, *Staph. aureus*, *Strept. liquefaciens*, *Bact. Guntheri liquefaciens*, etc.) et sont identifiées parfois avec les coccus de l'air et parfois avec des races affaiblies des coccus pyogènes. Mieux vaut donc les appeler en bloc : coccus mammaires. En tout cas ils ne doivent pas être confondus avec les germes de l'air, car ceux-ci sont strictement aérobies et presque inactifs sur le lait, tandis que les coccus mammaires sont anaérobies facultatifs et actifs sur le lait, de sorte qu'on peut les considérer comme des ferments typiques du lait trait aseptiquement, c'est-à-dire des laits dits sanitaires, pauvres en germes.

Ces coccus viennent-ils de l'extérieur en passant par les canaux des trayons, ou proviennent-ils de l'extérieur de l'organisme? A l'appui de leur origine interne on peut invoquer la différence entre eux et les germes de l'air, et aussi la constatation que j'ai faite dernièrement de l'identité de l'enterococcus avec les coccus mammaires tant par les caractères morphologiques que pour la fonction caséolytique. Basset et Carré nous ont appris, d'autre part, que les cocci passent facilement à travers la paroi intestinale.

Importance laitière. — La découverte des coccus mammaires acido-protéolytiques confirme ma théorie acido-protéolytique de la maturation du fromage (1894); en effet, ces germes se retrouvent dans les fromages où leurs enzymes poursuivent leur action même après la mort des cellules. La galactase et l'enzyme caséolytique dits naturels du lait et qui ont un rôle dans la digestion du lait et la maturation des fromages sont aussi des produits eudomammaires de ces coccus.

Les coccus sont normalement utiles pour la laiterie, ils peuvent cependant devenir nuisibles dans des conditions anormales. Si l'on admet que ces coccus sont des races affaiblies de coccus pyogènes, il n'est pas étonnant qu'ils puissent provoquer l'apparition soudaine de mammites dans le cas d'une diminution de la résistance de l'organisme causée par des troubles digestifs, des fatigues, l'excès de chaleur ou de refroidissement, etc., mais

ici nous entrons dans le domaine de la pathologie avec altération profonde de la sécrétion lactée. L'originalité de mes recherches consiste dans la démonstration que les coccus mammaires peuvent devenir nuisibles sans que l'on remarque aucune altération inflammatoire de la mamelle, à la suite de la stagnation du lait causée par une traite imparfaite ou maladroite. Par traite imparfaite, j'entends celle par laquelle le lait n'est pas complètement extrait. Par traite maladroite, j'entends celle dans laquelle le lait est retenu par la vache à cause de mauvaises manipulations effectuées par les trayeurs.

Les stagnations ordinairement transitoires et inaperçues influencent néanmoins la multiplication et l'activité des coccus mammaires, de sorte que le lait, tout en paraissant normal par ses propriétés organoleptiques et aussi au contrôle chronique ordinaire, est cependant altéré dans ses aptitudes à fermenter. Il est prédisposé à la coagulation prématurée et à la dissolution précoce, il est modifié dans sa façon de réagir vis-à-vis de la présure.

La cause occulte de plusieurs des inconvénients observés dans la consommation du lait, dans la fromagerie et dans la préparation des laits conservés stérilisés ou concentrés ne peut être décelée qu'en soumettant le lait, trait aseptiquement, à l'action de la présure et au contrôle micrographique et zymoscopique.

MICROBIOLOGIE. — *Virus vaccinal dans la cornée du lapin.* Note de M. A. **Borrel** et Mlle **Muller**, présentée par M. Roux.

La cornée du lapin est un lieu de choix pour l'étude de la vaccine. Je désire indiquer un procédé technique qni m'a donné les meilleurs résultats et qui pourra certainement être appliqué à l'étude d'autres virus encore inconnus.

La méthode d'Ewing (préparations par application de la lame porte-objet sur la cornée) était déjà un progrès. J'ai utilisé une modification de ce procédé. L'œil du lapin inoculé depuis 24 heures, 48 heures ou 3 jours, est extirpé et gardé en atmosphère humide avec un peu d'éther pendant 6 heures, 12 heures, 24 heures ou 48 heures à une température de 25° à 30°.

Sur le vivant ou au moment de l'extirpation, l'application par la méthode d'Ewing, de la lame sur la cornée, ne donne que des préparations avec des

cellules isolées dans une grosse goutte de sérosité. Ces cellules isolées montrent les corpuscules de Guarnieri caractéristiques de la vaccine, mais la préparation n'a aucune orientation et elle est très fragmentaire.

Au bout de 6 heures de conservation en atmosphère humide, si l'on applique sur la surface de la cornée une lame portée à une température de 40° à 45°, on obtient, avec un peu d'habitude, une couche complète de l'épithélium cornéen qui montre (comme ne peut le faire une coupe et beaucoup mieux qu'une coupe) les cellules en place et les points exacts où l'inoculation a été faite, 24 heures ou 48 heures ou 3 jours auparavant. On assiste à l'extension du processus vaccinal d'heure en heure : les pustules avec leur zone d'envahissement sont parfaitement délimitées.

Par la coloration au May-Grunwald-Giemsa, on a de fort belles préparations qui montrent les corps caractéristiques de Guarnieri en abondance. Déjà, après 24 heures chez le lapin jeune, il y a des cellules qui en contiennent 20, 30 et de toutes dimensions; dans les zones d'extension récentes, ils sont très nombreux et très petits; certains à la limite de la visibilité; un petit point central entouré d'une auréole irrégulière réticulée, amœbiforme. Plus tard il se produit un processus de coalescence et un gros corps de Guarnieri se trouve à côté de l'un des pôles du noyau, donnant l'apparence bien connue et décrite souvent. Je ne veux pas insister ici sur la véritable origine des corpuscules de Guarnieri qui me paraît complexe.

Notre méthode les montre à tous les stades et par centaines.

Le but de cette note est surtout d'appeler l'attention sur des éléments qui n'ont jamais été décrits dans la vaccine et qui me paraissent mériter la plus grande attention par leur identité morphologique avec le microbe du *Molluscum contagiosum* décrit il y a déjà longtemps par nous-mêmes en employant, pour le mettre en évidence, la *méthode de la surcoloration* (mordançage au tannate de fer et de Ziehl). La surcoloration est facilement applicable avec la technique que je viens de décrire : application de la lame tiède sur la cornée vaccinale, il suffit de faire une série de préparations successives jusqu'à épuisement.

On obtient de véritables décalcomanies conservant tous les rapports de cellules : les points d'inoculation et les centres de pustules sont marqués par un vide dans la couche contenant l'épithélium, épaissi au niveau de la pustule. Ce résultat heureux est dû certainement à une sorte de digestion des ciments intercellulaires qui permet l'adhérence facile et en place des couches

de l'épithélium sur la lame. Après 5, 10, 20 applications la préparation ne contient que peu ou pas de sérosité, la coloration par mordançage est possible.

Sur les préparations bien réussies, on constate *exactement* au niveau de la région où se trouvent les cellules vaccinales en évolution, des éléments très brillants, parfaitement définis en nombre *immense*, isolés, géminés en chaînettes, ils paraissent, avec la surcoloration, avoir $\frac{1}{4}$ μ de diamètre; lorsqu'ils sont en masses confluentes, ils ne sont plus définissables : l'aspect est superposable à l'aspect des éléments du molluscum. Je crois pouvoir affirmer l'homologie parfaite des deux sortes d'éléments. Par la coloration intense au giemsa, un œil exercé peut entrevoir les corpuscules en question légèrement bleutés, à la limite de la visibilité $0^{\mu},1$.

Dans la vaccine et le molluscum qui sont des épithélioses, les virus incriminés seraient donc très voisins.

La méthode de la conservation en atmosphère humide de l'œil extirpé (œil inoculé depuis 24 heures, depuis 48 heures, à une époque où les leucocytes n'ont pas encore fait leur apparition) favorise peut-être la multiplication du microbe *in vitro*, sur l'œil encore vivant. Elle permet dans tous les cas d'avoir, pour l'ensemencement, du virus vaccinal de 24 et 48 heures, prélevé avant toute réaction humorale de l'organisme, et nous pensons que cette condition est particulièrement favorable dans le cas de la vaccine ou de virus homologues, en vue de la culture.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 17 novembre 1924.)

Note de M. *H. Deslandres*, Propriété commune à des spectres très divers :

Page 1007, ligne 3, *au lieu de* Plus tard en 1923, *lire* Plus tard en 1924; ligne 18, *au lieu de* La note de 1923, *lire* La note de 1924.

(Séance du 22 décembre 1924.)

Page 1496, ligne 12, *au lieu de* Edgar Haudié, *lire* Edgard Haudié.
Page 1514, ligne 6, *au lieu de* Jules Botreau-Roussel, *lire* Paul Botreau-Roussel.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-DIX-NEUVIÈME.